

DEPARTAMENTO DE FISICA Y GEOLOGIA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

a) Jaula de Faraday

b). Puesta a tierra

c).Inserción del disco

$F = q(v \times B)$
$= -|e|(v \times B)$

MANUAL DE ESTUDIANTE

NOMBRE:____

ÍNDICE

PRÓLOGO

Este manual ha sido desarrollado con el objetivo de encaminar al lector en el curso "Laboratorio de Electromagnetismo" que es impartido en la Universidad de Pamplona por los docentes del departamento de Física y Geología que forman parte de la facultad de ciencias básicas.

La física es una ciencia lógicamente estructurada, que al igual que otras representa un conocimiento acerca de un conjunto amplio de fenómenos fundamentados en definiciones, postulados y leyes, que enmarcados como ciencia exacta describen un conjunto de fenómenos naturales, donde la objetividad se regula bajo la verificación experimental.

El laboratorio de electromagnetismo complementa el conocimiento adquirido en el curso teórico "electromagnetismo", brindando la posibilidad de realizar experimentos de diversos fenómenos eléctricos y magnéticos, con la ayuda de este manual y la información y tutoría que sea impartida por el docente del curso. Los experimentos o prácticas se llevaran a cabo en forma rotativa por grupos de 3 a 4 estudiantes según crea conveniente el docente.

El laboratorio de electromagnetismo está equipado con todos los equipos y dispositivos necesarios para la realización de las prácticas, entre los que se incluyen fuentes de alimentación de directa y alterna, elementos de medición (voltaje, resistencia, capacitancia, corriente), galvanómetro, productores de carga, transformadores, cronómetros, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Flor Alba Vivas, Ramón Oswaldo Portilla, Alvaro Herrera Carrillo y Rómulo Sandoval Flórez por una corrección inicial de las guías de laboratorio de Eletromagnetismo. Se agradece al MsC Oscar Javier Suárez Sierra y al Ing. Diego J. Barrera por una estructuración de las guias en 2015 y finalmente se agradece al Físico Juan Alberto Sánchez D y al Ing. Diego J. Barrera por una actualización y re-estructuración de las guias de laboratorio en 2016.

MAGNITUDES Y UNIDADES

La descripción por el lenguaje natural del mundo observado a nuestro alrededor hace uso de calificativos opuestos: grande-pequeño, muchos-pocos, ancho-estrecho, duro-suave, grave-agudo, liviano pesado, claro-oscuro, rápido-lento, efímero-durable, etc., para denotar diferentes propiedades y comportamientos de los objetos. Sin embargo, estas descripciones cualitativas son relativas e imprecisas cuando se trasladan al ámbito científico o técnico, pues un objeto puede ser grande comparado con un segundo y al mismo tiempo ser más pequeño comparado que un tercero. Por tanto, es conveniente tomar un objeto o sistema que, con respecto a esa propiedad, nos sirva de referencia. La propiedad comparable de este objeto constituye un patrón. La elaboración de una escala comparativa basada en un patrón determinado nos permite establecer cuantitativamente la propiedad correspondiente en otros objetos.

El proceso de comparación con algún patrón es la esencia de la medida, y el uso de escalas basadas en los patrones facilita el proceso de medida. Los objetos que portan escalas comparativas son denominados instrumentos de medida. Cualquier propiedad susceptible de ser medida es llamada magnitud física.

Ejemplos de patrones de tiempo pueden ser el intervalo que existe entre dos amaneceres (día), o entre dos lunas llenas (mes), entre dos primaveras (año), etc; patrones de longitud pueden ser el tamaño de la última falange del pulgar (pulgada), la máxima extensión entre los dedos de una mano (cuarta), la máxima extensión entre las manos (brazada), etc. Los patrones en sí mismos y sus múltiplos y submúltiplos constituyen unidades de medida.

En el sistema métrico décimal los múltiplos y submúltiplos usuales corresponden a potencias enteras de 10. Los nombres correspondientes a estos múltiplos y submúltiplos están relacionados con prefijos que se le añaden a la unidad. Estos prefijos están dados a continuación:

yotta	[Y]	1 000 000 000 000 000 000 000 000	**= 1 x 10^{24}**
zetta	[Z]	1 000 000 000 000 000 000 000	**= 1 x 10^{21}**
exa	[E]	1 000 000 000 000 000 000	**= 1 x 10^{18}**
peta	[P]	1 000 000 000 000 000	**= 1 x 10^{15}**
tera	[T]	1 000 000 000 000	**= 1 x 10^{12}**
giga	[G]	1 000 000 000	**= 1 x 10^{9}**
mega	[M]	1 000 000	**= 1 x 10^{6}**
kilo	[k]	1 000	**= 1 x 10^{3}**
hecto	[h]	100	**= 1 x 10^{2}**
deca	[da]	10	**= 1 x 10^{1}**
		1	
deci	[d]	0.1	**= 1 x 10^{-1}**
centi	[c]	0.01	**= 1 x 10^{-2}**
mili	[m]	0.001	**= 1 x 10^{-3}**
micro	[µ]	0.000 001	**= 1 x 10^{-6}**
nano	[n]	0.000 000 001	**= 1 x 10^{-9}**
pico	[p]	0.000 000 000 001	**= 1 x 10^{-12}**
femto	[f]	0.000 000 000 000 001	**= 1 x 10^{-15}**
atto	[a]	0.000 000 000 000 000 001	**= 1 x 10^{-18}**
zepto	[z]	0.000 000 000 000 000 000 001	**= 1 x 10^{-21}**
yocto	[y]	0.000 000 000 000 000 000 000 001	**= 1 x 10^{-24}**

Es usual asociar a cada magnitud física una dimensión. Por ejemplo, la altura de una persona tiene dimensión de longitud y su peso dimensión de fuerza. El producto o división de dimensiones constituyen nuevas dimensiones, sin embargo, de ninguna manera esta definida la suma de cantidades con dimensiones diferentes. Es un buen hábito, por tanto, probar la consistencia dimensional de las expresiones matemáticas, esto es, que todos los sumandos de una expresión tengan la misma dimensión. En dinámica existen básicamente tres dimensiones fundamentales: longitud (L), tiempo (T) y masa (M), todas las otras dimensiones se pueden reducir a productos de las potencias de estas. En el sistema internacional de medidas (SI) las unidades asociadas a esas magnitudes fundamentales son respectivamente el metro, el segundo y el kilogramo.

Magnitudes físicas usadas en Electromagnetismo.

Magnitud física	**Símbolo**	**Unidad** *SI*
carga eléctrica	Q	C
densidad de carga	ρ	C m^{-3}
corriente eléctrica	I, i	A
densidad de corriente eléctrica	j	A m^{-2}
potencial eléctrico	V	V
diferencia de potencial, voltaje	ΔV	V
campo eléctrico	**E**	V m^{-1}
capacidad	C	F
permitividad eléctrica	ε	F m^{-1}
permitividad relativa	ε_r	1
momento dipolar eléctrico	**p**	C m
flujo magnético	Φ	Wb
campo magnético	**B**	T
permeabilidad	μ	H m^{-1}, N A^{-2}
permeabilidad relativa	μ_r	1
resistencia	R	Ω
resistividad	ρ	Ω m
autoinducción	L	H
inducción mutua	M	H
constante de tiempo	τ	s



DEPARTAMENTO DE FISICA Y GEOLOGIA

No **1**

LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO

FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

Objetivos

1. Estudiar la naturaleza de la fuerza eléctrica
2. Estudiar los diferentes métodos utilizados para cargar los cuerpos eléctricamente (inducción, contacto y frotamiento)
3. Interactuar con materiales conductores y dieléctricos.

Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Barra de plástico	1	
Barra de vidrio	1	
Barra de acrílico	1	
Barra de ebonita	1	
Paño de seda	1	
Soporte metálico	1	
Electroscópio	1	
Coraza de bolígrafo	1	
Globo "de fiesta"	2	Suministrados por el estudiante

Marco teórico

ELECTROSTÁTICA

El descubrimiento de la electricidad data de los griegos, que observaron que al frotar ámbar vigorosamente este atraía pequeños trozos de materia, como paja y cascaras de granos. Posteriormente, en 1600, un siglo antes de Newton, William Gilbert (1540-1603), un científico de interés renacentista y médico de la reina Elizabeth I, descubrió que el vidrio y muchas otras sustancias, atraen pequeños trozos de materia como lo hace el ámbar. El describió las observaciones asegurando que los materiales se han electrificado, lo cual significaba "que obtenían propiedades como el ámbar". Las aplicaciones de electrostática se basan en la posibilidad de cargar pequeñas cantidades de materia y usar la fuerza de atracción o de repulsión para un fin en particular.

.

Muchos fenómenos físicos que se observan en la naturaleza y a nuestro alrededor, no pueden ser explicados solamente con base en la mecánica, la teoría cinética molecular o la termodinámica. En dichos fenómenos aparecen fuerzas que actúan entre los cuerpos a cierta distancia, y no dependen de las masas de los cuerpos que interactúan, por consiguiente no son fuerzas gravitacionales. Estos fenómenos fueron explicados a través de las fuerzas electrostáticas.

La electrostática es el estudio de las cargas eléctricas en reposo, su interacción y las propiedades eléctricas de los distintos materiales. El instrumento más utilizado para estudiar los fenómenos electrostáticos es el electrómetro, el cual indica la magnitud y tipo de carga.

Pero el estudio sistemático y cuantitativo de los fenómenos físicos, en los cuales aparece la interacción electromagnética de los cuerpos empezó solamente a finales del siglo XVIII. Con los trabajos de muchos científicos en el siglo XIX se finalizó la creación de una ciencia estructurada dedicada al estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos. Esta ciencia, la cual es una de las principales ramas de la física, tomó el nombre de Electromagnetismo.

Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

1. ¿En qué consiste el concepto de Coulomb?
2. ¿Qué es una carga puntual?
3. Defina la ley de conservación de la carga
4. Explique brevemente el proceso de electrización y tipos de electrización.
5. ¿ En qué consiste el principio de conservación y cuantización de la carga?
6. Defina triboelectricidad
7. Explique brevemente la diferencia entre un material dieléctrico y un material conductor

Procedimiento

1. Se suspende una barra de plástico de un hilo de forma horizontal la cual está atada al extremo del péndulo estático, se acerca una barra de vidrio, una de acrílico, una

de bolígrafo, y una de ebonita a uno de sus extremos alternadamente sin haber sido frotadas. ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 1**)

2. Se frota con un paño de seda la barra de plástico suspendida de forma horizontal. Se acerca una barra de vidrio previamente frotada con el paño de seda a la barra de plástico ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 1**)

3. Se acerca ahora la barra de vidrio previamente frotada con seda al extremo no frotado de la barra de plástico. ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 1**)

4. Se acerca un bolígrafo frotado con seda al extremo frotado del plástico. ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 1**)

5. Se acerca ahora un bolígrafo frotado con seda al extremo no frotado del plástico. ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 1**)

6. Sabiendo que el vidrio al frotarse con seda queda cargado positivamente, identifique el tipo de carga de los diferentes cuerpos frotados, de acuerdo a lo observado. Recomendación: acerque el vidrio cargado a la parte cargada del objeto que se encuentra suspendido y utilice la carga deducida para ese elemento como base para identificar la carga de los otros materiales (completar **Tabla 2**)

7. Se frota en lana una barra de plástico, se acerca sin tocar, a la bolita de icopor de un péndulo electrostático (la bolita esta forrada de papel aluminio) ¿Qué observó? Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 3**)

8. Repita el paso anterior pero ahora acerque hasta tocar. ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 3**)

9. Se frota de nuevo la barra de plástico y se acerca cuidadosamente por la parte inferior de la bolita del péndulo electrostático, tratando de no tocar, sin retirar la barra, toque por la parte superior a la bolita de icopor con el dedo índice (conexión a tierra) ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 3**)

10. A base de los tipos de cargas deducidos para los materiales en el inciso 6 se cargan las bolitas de dos péndulos electrostáticos (icopor recubierto de grafito) con el mismo tipo de carga. Se acerca una frente a otra. ¿Qué observó?¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 4**)

11. Se cargan dos péndulos electrostáticos de globo con el mismo tipo de carga. Se acerca uno frente a otro. ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 4**)

12. Se cargan dos bolitas de péndulos electrostáticos, pero ahora con cargas de signos diferentes ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 4**)

13. Se frota un bolígrafo en el cabello y luego se acerca a la parte superior de un electroscopio, sin llegar tocarlo. ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 5**)

14. Se repite el paso anterior pero ahora si se toca con la barra cargada a la parte superior del electroscopio. ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso?(completar **Tabla 5**)

15. Se frota la barra de plástico en el cabello, se acerca sin tocar, a la parte superior del electroscopio mientras se hace contacto a tierra con el dedo índice de la otra mano. ¿Qué observó?¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 5**)

16. Se carga el electroscopio con carga negativa y luego se acerca un cuerpo también negativo ¿Qué observó?¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 6**)

17. Se repite el paso anterior, pero ahora se acerca un cuerpo cargado positivamente. ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (completar **Tabla 6**)

Análisis de datos

1. A partir de lo observado en cada uno de los pasos del procedimiento de esta práctica de laboratorio que estudia los fenómenos electrostáticos, complete la **Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.**

MATERIAL 1	MATERIAL 2		¿QUÉ SE OBSERVÓ?	¿POR QUÉ OCURRIÓ ESTO?
PLÁSTICO Sin frotar	VIDRIO Sin frotar	Acercar sin tocar		
	ACRÍLICO Sin frotar			
	BOLÍGRAFO Sin frotar			
	EBONITA Sin frotar			
PLÁSTICO Frotado con seda	VIDRIO Frotado con seda			
PLÁSTICO Sin frotar	VIDRIO Frotado con seda			
PLÁSTICO Frotado con seda	BOLÍGRAFO Frotado con seda			
PLÁSTICO Sin frotar	BOLÍGRAFO Frotado con seda			

Tabla 1. Interacción de materiales frotados y no frotados con el paño de seda.

MATERIAL	TIPO DE CARGA
VIDRIO	+
ACRÍLICO	
BOLÍGRAFO	
EBONITA	
PLÁSTICO	

Tabla 2. Identificación del tipo de cargas.

MATERIAL 1	MATERIAL 2	INTERACCIÓN	¿QUÉ SE OBSERVÓ?	¿POR QUÉ OCURRIÓ ESTO?
PLÁSTICO Frotado con lana	PÉNDULO ELECTROSTÁTICO Sin frotar	Acercar sin tocar		
PLÁSTICO Frotado con lana	PÉNDULO ELECTROSTÁTICO Sin frotar	Tocar		
PLÁSTICO Frotado con lana	PÉNDULO ELECTROSTÁTICO Sin frotar	Acercar sin tocar. Conexión a tierra		

Tabla 3. Interacción de los materiales frotando con lana.

MATERIAL 2	+ O -	MATERIAL 2	+ O -		¿QUÉ SE OBSERVÓ?	¿POR QUÉ OCURRIÓ ESTO?
PÉNDULO ELECTROSTATICO Icopor+grafito		PÉNDULO ELECTROSTATICO Icopor+grafito		Acercar sin tocar		
PÉNDULO ELECTROSTATICO Globo		PÉNDULO ELECTROSTATICO Globo				
PÉNDULO ELECTROSTATICO Icopor+grafito		PÉNDULO ELECTROSTATICO Icopor+grafito				

Tabla 4. Interacción de los tipos de carga con péndulos electrostáticos.

MATERIAL 1	MATERIAL 2	INTERACCIÓN	¿QUÉ SE OBSERVÓ?	¿POR QUÉ OCURRIÓ ESTO?
BOLÍGRAFO Frotado con cabello	ELECTROSCOPIO	Acercar sin tocar		
BOLÍGRAFO Frotado con cabello	ELECTROSCOPIO	Tocar		
BOLÍGRAFO Frotado con cabello	ELECTROSCOPIO	Acercar sin tocar. conexión a tierra		

Tabla 5. Interacción de los materiales frotando con cabello.

ELEMENTO 1	+ O -	ELEMENTO 2	+ O -		¿QUÉ SE OBSERVÓ?	¿POR QUÉ OCURRIÓ ESTO?
ELECTROSCOPIO	-	CUERPO NEGATIVO	-	Acercar sin tocar		
ELECTROSCOPIO	-	CUERPO POSITIVO	+			

Tabla 6. Interacción de los tipos de carga con el electroscopio.

Preguntas de control

1. A partir de lo observado anteriormente, enuncie la ley de atracción y repulsión de las cargas.
2. Describa las formas de cargar un objeto. ¿Estos métodos para cargar objetos se pudieron apreciar en la práctica? **Sustente su respuesta.**
3. De los elementos utilizados en el desarrollo de la práctica ¿cuáles pertenecen al grupo de conductores y cuáles al grupo de materiales dieléctricos?
4. ¿Se pudo apreciar el principio de conservación de la carga? **Sustente su respuesta.**

Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

Bibliografia



DEPARTAMENTO DE
FISICA Y GEOLOGIA

No
2

LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO

JAULA DE FARADAY

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

Objetivos

1. Determinar la relación entre la carga inducida en la jaula de Faraday por un objeto cargado dentro del mismo y la diferencia de potencial.
2. Analizar la naturaleza eléctrica de objetos cargados.
3. Demostrar la conservación de carga.
4. Estudiar la distribución de carga sobre una esfera en diferentes situaciones.

Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Electrómetro	1	
Jaula de Faraday	1	
Productores de carga	3	
Esferas conductoras	2	

Marco teórico

JAULA DE FARADAY

Una jaula de Faraday es una caja metálica que protege de los campos eléctricos estáticos. Debe su nombre al físico Michael Faraday, que construyó una en 1836. Se emplean para proteger de descargas eléctricas, ya que en su interior el campo eléctrico es nul o. El funcionamiento de la jaula de Faraday se basa en las propiedades de un conductor en equilibrio electrostático. Michael Faraday, fue un físico y químico británico que estudió de forma determinante el electromagnetismo y la electroquímica. Su experimento consiste en que en un cubo hueco por dentro con una abertura en la parte superior se introduce una esfera de metal y se conecta a un electroscopio (electrómetro). En ese momento el electroscopio indicará una carga dentro de dicho recipiente que será opuesta a la carga de la esfera. Afuera de la cubeta la carga será igual que en la esfera. Mientras la esfera este dentro, el electrómetro mostrará la misma carga; cuando la esfera se saca de la cubeta, el electrómetro dejara de mostrar la carga. Así en el momento de descargar la esfera, si este objeto con carga negativa hace tierra, los electrones se mueven hacia el suelo y si tiene carga positiva atrae electrones del suelo y se neutraliza.

Cuando la caja metálica se coloca en presencia de un campo eléctrico externo, las cargas positivas se quedan en las posiciones de la red; los electrones, sin embargo, que en un metal son libres, empiezan a moverse puesto que sobre ellos actúa una fuerza dada por:

$$\vec{F} = e\vec{E}_{Ext} \quad (2.1)$$

Donde "e" es la carga del electrón. Como la carga del electrón es negativa, los electrones se mueven en sentido contrario al campo eléctrico y, aunque la carga total del conductor es cero, uno de los lados de la caja (en el que se acumulan los electrones) se queda con un exceso de carga negativa, mientras que el otro lado queda con un defecto de electrones (carga positiva). Este desplazamiento de las cargas hace que en el interior de la caja se cree un campo eléctrico (representado en rojo en la siguiente animación) de sentido contrario al campo externo, representado en azul. **El campo eléctrico resultante en el interior del conductor es por tanto nulo.**

Como en el interior de la caja no hay campo, ninguna carga puede atravesarla; por ello se emplea para proteger dispositivos de cargas eléctricas. El fenómeno se denomina apantallamiento eléctrico. Muchos dispositivos que empleamos en nuestra vida cotidiana están provistos de una jaula de Faraday: los microondas, escáneres, cables, etc. Otros dispositivos, sin estar provistos de una jaula de Faraday actúan como tal: los ascensores, los coches, los aviones, etc. Por esta razón se recomienda permanecer en el interior del coche durante una tormenta eléctrica: su carrocería metálica actúa como una jaula de Faraday.

Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

1. Defina diferencia de potencial.
2. Defina carga superficial.
3. Explicar cómo funciona el electrómetro.
4. Defina cargas remanentes.
5. Mencione y explique los métodos de cargar eléctricamente los cuerpos.

Procedimiento

Parte 1: Cargado por inducción y cargado por contacto

1. Conecte el Electrómetro al cubo de hielo Faraday. Asegúrese de aterrizar el cubo de hielo. El Electrómetro debe marcar cero cuando está aterrizado, indicando que el cubo de hielo no está cargado. Presione el botón cero y remueva completamente toda la carga del electrómetro y el cubo de hielo, siempre empiece con el rango del voltaje ordenado en la mayor configuración (100 voltios). Los productores de carga serán utilizados como objetos cargados. Siempre que se encuentre dispersada cualquier carga sobre el cuello de los productores toque el cuello y el mango con el enrejado aterrizado. Usted también debe estar aterrizado.

2. Frote la superficie blanca y azul. Mantenga en su mano solo el productor de carga que va a utilizar. Coloque el otro productor de carga retirado, lejos del contacto con cualquiera de las superficies del cubo de hielo. Antes de insertar el disco cargado en el cubo de hielo, asegúrese de que Usted está tocando el sistema de apantallamiento aterrizado, tenga cuidado si tiene saco de lana o chaqueta de plástico, procure quitársela durante el laboratorio.

3. Inserte el disco cargado en el cubo de hielo de la mitad hacia abajo pero sin permitir que toque el fondo de la pila. Tome la lectura del Electrómetro y registre en la **Tabla 1.**

4. Presione el botón cero para remover cualquier carga residual.

5. Repita los pasos 2,3 y 4 tomando 4 lecturas para cada una de las 4 escalas del electrómetro y registre en la **Tabla 1.**

6. Presione el botón cero para remover cualquier carga residual. Frote la superficie blanca y azul e inserte el objeto utilizado en el paso 3 pero permítale que toque el cubo de hielo. Retire el objeto y tome la lectura del Electrómetro.registre en la **Tabla 2**.

7. Repita los pasos 6 tomando 4 lecturas para cada una de las 4 escalas del electrómetro y registre en la **Tabla 2.**

Parte 2: Conservación de la carga

8. Inicie con los productores de carga descargados, friccione los materiales azul y blanco. En este caso deberá conservar los dos productores de carga, sin que toquen nada, después de haber sido cargados. (manténgalos en sus manos, sin permitir que se toquen el uno al otro o al cubo de hielo). Use el cubo de hielo de Faraday para medir la magnitud y la polaridad de cada una de las varitas cargadas, insertado una a la vez dentro del cubo de hielo, y tome la lectura del Electrómetro. Realice esta toma de datos para cada una de las escalas del electrómetro y registre en la **Tabla 3**.

9. Remueva completamente toda la carga de los productores de carga aterrizándolos. Tampoco olvide remover cualquier carga dispersada sobre los cuellos y el mango.

10. Inserte los dos productores de carga dentro del cubo de hielo y frótelos dentro del cubo. Tome la lectura del Electrómetro. No permita que los productores de carga toquen el cubo. Retire un productor de carga y tome la lectura del Electrómetro y registre en la **Tabla 4.** Tenga en cuenta el signo.

11. Reemplace el productor de carga por el otro. Tome la lectura. Registre en la **Tabla 4.**

12. Repita los pasos 9,10 y 11 para las escalas del electrómetro y complete la **Tabla 4**.

Parte 3: Distribución de la carga

13. El propósito es investigar la forma en que la carga es distribuida en una superficie esférica midiendo las variaciones de la densidad de carga. Una superficie esférica cargada será muestreada con un disco plano de prueba metálico. El disco plano de prueba se introducirá en el cubo de hielo de Faraday para medir la carga. La densidad de carga relativa puede observarse muestreando diferentes secciones de la superficie. Por ejemplo: Usted puede encontrar que la cantidad de carga sobre dos regiones de igual tamaño sobre la superficie de un conductor pueden diferir en magnitud o en signo. Esto ocurre para distribuciones de carga no uniformes. Alternativamente también se puede observar que para distribuciones de carga uniformes, en cualquier lugar sobre la superficie la carga tiene la misma magnitud y signo. Un aspecto importante de la medición de la distribución de la carga es la conservación de la carga. El disco plano de prueba toma cierta carga desde la superficie que se muestrea. Antes de comenzar cerciórese de que el cubo

de hielo este apropiadamente puesto a tierra, con el blindaje conectado al cubo y el conductor negro conectado sobre el borde del blindaje y el rojo conectado sobre el borde del cubo de hielo.

14. Coloque las dos esferas de aluminio a 50 cm la una de la otra. La esfera conectada al positivo de la fuente será utilizada como el cuerpo cargado. Momentáneamente conecte a tierra la otra esfera para remover cualquier carga residual de ella.

15. Comience la demostración muestreando y registrando la carga en diferentes puntos sobre la esfera cargada. Elija tres puntos sobre la superficie para obtener una muestra promedio de la carga superficial (para esto toca suavemente en los puntos seleccionados con el productor de carga metálico e introduzca en la Jaula de Faraday hasta la mitad sin tocar el fondo). De cada uno de los puntos seleccionados para la toma de datos se registrará el valor reflejado en el electrómetro para cada una de las escalas. Resgistre en la **tabla 5**.

Análisis de datos

	Escalas del Electrómetro			
	100	30	10	3
TOMA 1				
TOMA 2				
TOMA 3				
TOMA 4				
PROMEDIO:				
DESESCALAMIENTO:				
PROMEDIO:				
%ERROR				

Tabla 1. Cargado por inducción

1. Realice un desescalamiento para los valores de los promedios calculados para las 4 tomas de la **Tabla 1.** Calcule el promedio entre los cuatro datos obtenidos con el desescalamiento y obtenga los %error estre ese dato obtenido y cada uno de los cuatro datos del desescalamiento y complete la **Tabla 1.**
2. Realice el inciso anterior para los datos de la **Tabla 2**.

	Escalas del Electrómetro			
	100	30	10	3
TOMA 1				
TOMA 2				
TOMA 3				
TOMA 4				
PROMEDIO:				
DESESCALAMIENTO:				
	PROMEDIO:			
%ERROR				

Tabla 2. Cargado por contacto.

Escalas del Electrómetro	Productor de carga Azul	Productor de carga Blanco
100		
30		
10		
3		

Tabla 3. Conservación de la carga identificando la polaridad. Frotando fuera de la Jaula de Faraday.

Escalas del Electrómetro	Productor de carga Azul	Productor de carga Blanco
100		
30		
10		
3		

Tabla 4. Conservación de la carga intercambiando productores de carga. Frotando dentro de la Jaula de Faraday.

Puntos seleccionados de la esfera	Escalas del Electrómetro			
	100	30	10	3
PUNTO 1				
PUNTO 2				
PUNTO 3				

Tabla 5. Distribución de la carga en la esfera conductora.

3. Explique lo sucedido en la toma de datos con el rozamiento de los productores de carga y el caso de la carga con la esfera conductora.
4. Identifique las fuentes de error mas relevantes y expliquelas.

Preguntas de control

1. ¿Qué métodos de cargar eléctricamente los cuerpos son utilizados en la práctica y en que momentos del procedimiento?
2. ¿Se presentaron cargas remanentes en la práctica? ¿En que instante? **Sustente su respuesta**
3. ¿Por qué cree que existe una diferencia de potencial entre el cubo y el blindaje solamente mientras que el objeto cargado está adentro?
4. ¿Por qué hay ahora una diferencia de potenciales permanentes entre el cubo de hielo y el blindaje? ¿De dónde provino la carga en el cubo de hielo?

5. ¿Cuál es la relación entre las magnitudes de la carga? ¿Cuál es la relación entre la polaridad de las cargas? ¿Se conserva la carga en la demostración?
6. ¿Cómo se distribuye la carga en una esfera conductora?
7. ¿Por qué es necesario aterrizar el Electrómetro para la realización de la práctica?
8. ¿Qué comparación se puede establecer entre los datos registrados en la **Tabla 1** y la **Tabla 5**?

Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

Bibliografia



DEPARTAMENTO DE FISICA Y GEOLOGIA

No 3

LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO

SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

Objetivos

1. Dibujar líneas de campo a través del mapeo de líneas equipotenciales.
2. Medir el valor del potencial eléctrico en la dirección de su gradiente para corrientes estacionarias y realizar la analogía correspondiente con la situación electrostática.

Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Papel conductor con diferentes configuraciones	4	
Fuente de Voltaje	1	
Cables banana-caiman	2	
Multímetro	1	
Copia de papel conductor para presentación de datos en informe	4	Suministradas por el estudiante

Marco teórico

La fuerza eléctrica entre dos cargas está dirigida a lo largo de la línea que une las dos cargas y depende inversamente del cuadrado de su separación, lo mismo que la fuerza gravitacional entre dos masas. Tal como la fuerza gravitacional, la fuerza eléctrica es conservativa, luego hay una ***función de energía potencial (U)*** asociada con ella. Si se coloca una carga ***q*** dentro de un campo eléctrico, su energía potencial es proporcional a la posición de la carga y al valor de ***q***. Pero, la energía potencial por unidad de carga se denomina ***potencial eléctrico (V)***, es una ***función de la posición*** en el espacio donde esté colocada la carga y no del valor de la carga ***q.***

Campos Eléctricos Estáticos: Son aquellos cuyo valor en un determinado punto del espacio no cambia con el tiempo.

Potencial eléctrico (V) y diferencia de potencial (ΔV)

Cuando una carga eléctrica **q** se coloca dentro de una región donde existe un campo eléctrico estático $\vec{E}(x,y,z)$, la fuerza eléctrica ($\vec{F}$) actúa sobre la carga moviéndola a través de una trayectoria **C** que dependerá de la función vectorial $\vec{E}(x,y,z)$. La carga al realizar un desplazamiento infinitesimal $d\vec{l}$, cambia su energía potencial a una cantidad $d\vec{U}$ dada por:

$$d\vec{U} = -\vec{F} \cdot d\vec{l} \tag{3.1}$$

Como la fuerza eléctrica ejercida por el campo eléctrico sobre la carga puntual es $\vec{F} = q\vec{E}$, entonces, cuando la carga realiza el pequeño desplazamiento debido al campo eléctrico, el cambio en su energía potencial electrostática es:

$$d\vec{U} = -q\vec{E} \cdot d\vec{l} \tag{3.2}$$

El cambio en su energía potencial es proporcional al valor de la carga **q.** El cambio de energía potencial por unidad de carga (llamado diferencia de potencial **dV**) es:

$$d\vec{V} = \frac{d\vec{U}}{q} = -\vec{E} \cdot d\vec{l} \tag{3.3}$$

Si la carga se desplaza desde un punto **a** hasta un punto **b**, el cambio de su potencial eléctrico es:

$$\Delta V = V_b - V_a = \frac{\Delta U}{q} = -\int_a^b \vec{E}(x,y,z) \cdot d\vec{l} \tag{3.4}$$

La función **V** es llamada **potencial eléctrico** o simplemente **potencial**. Tal como el campo eléctrico estático, **V** es una función de la posición, con la diferencia que el potencial es una función escalar y el campo eléctrico estático es una función vectorial. Pero, ambas son propiedades del espacio que no dependen del valor de la carga.
Si la energía potencial eléctrica de la carga **q** y el potencial eléctrico en el espacio son cero en el mismo punto, la relación entre ellos está dado por:

$$U = qV \tag{3.5}$$

Cálculo del campo eléctrico a partir del potencial eléctrico

Si se conoce el potencial en todo punto de una región del espacio, se puede usar para calcular el campo eléctrico. Considerando un desplazamiento pequeño $d\vec{l}$ en un campo eléctrico estático $\vec{E}(x,y,z)$. El cambio en el potencial es:

$$d\vec{V} = -\vec{E} \cdot d\vec{l} = E_l dl \tag{3.6}$$

En donde E_l es la componente de $\vec{E}(x,y,z)$ paralelo al desplazamiento. Entonces,

$$E_l = -\frac{dV}{dl} \tag{3.7}$$

Si no hay cambio en el potencial al pasar de un punto a otro, es decir, $dV = 0$, el desplazamiento $d\vec{l}$ es perpendicular al campo eléctrico $\vec{E}(x,y,z)$. El cambio más grande ocurre cuando el desplazamiento es a lo largo del campo eléctrico. Como un vector que apunta en la dirección del cambio más grande en una función escalar y que tiene mgnitud igual a la derivada de esa función respecto a la distancia en esa dirección es llamada **gradiente** de la función, entonces, el campo eléctrico $\vec{E}(x,y,z)$ es el gradiente negativo del potencial **V**. Esto es:

$$\vec{E}(x,y,z) = -\vec{\nabla}V(x,y,z) = -gr\vec{a}d\,V(x,y,z) = -(\hat{\imath}\frac{\partial V}{\partial x} + \hat{\jmath}\frac{\partial V}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial V}{\partial z}) \tag{3.8}$$

SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

Es una región donde existe un campo eléctrico, las superficies donde el potencial tiene el mismo valor se llaman **equipotenciales**. Es decir, la diferencia de potencial entre dos puntos sobre una superficie equipotencial es cero. Cuando una carga se desplaza un $d\vec{l}$ sobre una superficie equipotencial, el cambio en el potencial es:

$$d\vec{V} = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = 0 \tag{3.9}$$

Entonces las líneas de campo eléctrico que emanan desde una superficie equipotencial deben ser perpendiculares a la superficie.

Se conoce como potencial eléctrico al trabajo que un campo electrostático tiene que llevar a cabo para movilizar una carga positiva unitaria de un punto hacia otro. Puede decirse, por lo tanto, que el trabajo a concretar por una fuerza externa para mover una carga desde un punto referente hasta otro es el potencial eléctrico.

Cabe mencionar que no se debe confundir este concepto con el de energía potencial eléctrica, aunque ambos estén relacionados en algunos casos, ya que este último es la energía que tiene un sistema de cargas eléctricas de acuerdo con su posición.

El lugar geométrico de los puntos de igual potencial eléctrico se denomina superficie equipotencial. Para dar una descripción general del campo eléctrico en una cierta región del espacio, se puede utilizar un conjunto de superficies equipotenciales, correspondiendo cada

superficie a un valor diferente de potencial. Otra forma de cumplir tal finalidad es utilizar las líneas de fuerza y tales formas de descripción están íntimamente relacionadas.

En una región donde existe un campo eléctrico, las superficies donde el potencial tiene el mismo valor se llaman equipotenciales. Es decir, la diferencia de potencial entre dos puntos sobre una superficie equipotencial es cero. Entonces, las líneas de campo eléctrico que emanan desde una superficie equipotencial deben ser perpendiculares a la superficie.

Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

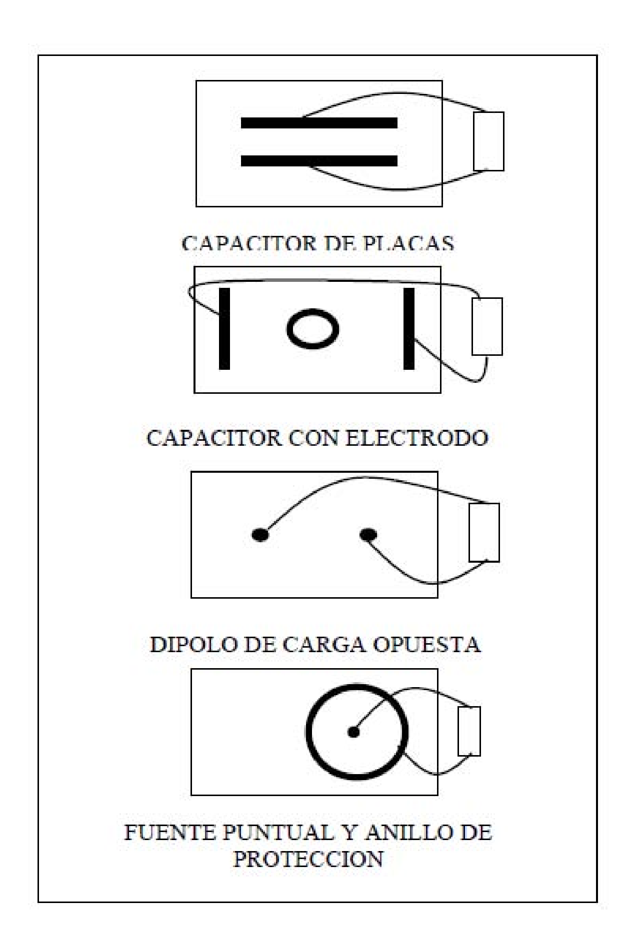
1. ¿Por qué las líneas de campo eléctrico que emanan desde una superficie equipotencial deben ser perpendiculares a la superficie?.
2. Consultar cómo son las líneas de campo eléctrico para las diferentes configuraciones mostradas en la figura del paso 1 del procedimiento.
3. Propiedades de un conductor en equilibrio electrostático

Procedimiento

Sobre papeles conductores se han implementado diversos electrodos, así al aplicar una diferencia de potencial entre los distintos electrodos circularán sobre los mismos unas corrientes estacionarias cuyo comportamiento responde a la ecuación de Laplace, por tanto se estará estudiando también un problema de electrostática.

Para cada configuración:

1. Conecte los electrodos del generador en los electrodos del papel tal como lo indica la figura.



2. Coloque la fuente de DC a 5 voltios aproximadamente.

3. Con las puntas del voltímetro se miden los potenciales en distintos puntos del papel (utilizando la simetría de cada configuración se evitará el tener que realizar muchas medidas). En el papel (copia del papel conductor) se anotan los valores del potencial en las coordenadas correspondientes del punto. Recuerde que para realiza esta medición una de las puntas del multímetro debe estar fija al terminal correspondiente de la fuente de alimentación el cual esta conectado al tablero donde esta el papel conductor; la otra puenta del multímetro es la que se posiciona en diferentes puntos del papel conductor para tomar las mediciones.

Análisis de datos

1. Se unen los puntos de igual valor de potencial para obtener las líneas equipotenciales sobre el papel copia del papel conductor utilizado en la práctica. Es de gran importancia que al unir los puntos que forman las trayectorias, todos cuenten con los respectivos valores de voltaje medidos.
2. Dibuje sobre el mismo papel donde dibujó las líneas equipotenciales, las líneas del campo eléctrico correspondiente.

<u>Los valores reportados en las hojas para los voltajes medidos deben estar escritos de manera clara y con sus respectivas unidades. Las hojas deben estar nombradas con la configuración estudiada y deben contar con un trazo o dibujo de las configuraciones en pro de contar con un reporte en una escala lo más real posible.</u>

Preguntas de control

<u>CAPACITOR DE PLACAS PARALELAS</u>

4. ¿Qué valor tiene el campo fuera de las placas del capacitor?
5. ¿Cómo es el campo cerca de los bordes del capacitor (efecto de bordes)?

<u>FUENTE PUNTUAL Y ANILLO DE PROTECCIÓN</u>

6. Cuál es la diferencia de potencial en puntos fuera del anillo de protección?
7. ¿Qué valor tiene el campo eléctrico fuera del anillo de protección?
8. ¿Para qué sirve el anillo de protección?
9. Realice una gráfica de diferencia de potencial (ΔV) en puntos dentro del anillo contra la distancia (r) medida desde el centro al punto.

<u>CONDENSADOR CON ELECTRODO FLOTANTE</u>

10. ¿Cómo distorsiona el campo el electrodo circular?:
11. ¿Cuánto vale el potencial sobre el electrodo circular y en su interior?:
12. ¿Qué efecto tendría mover el electrodo?

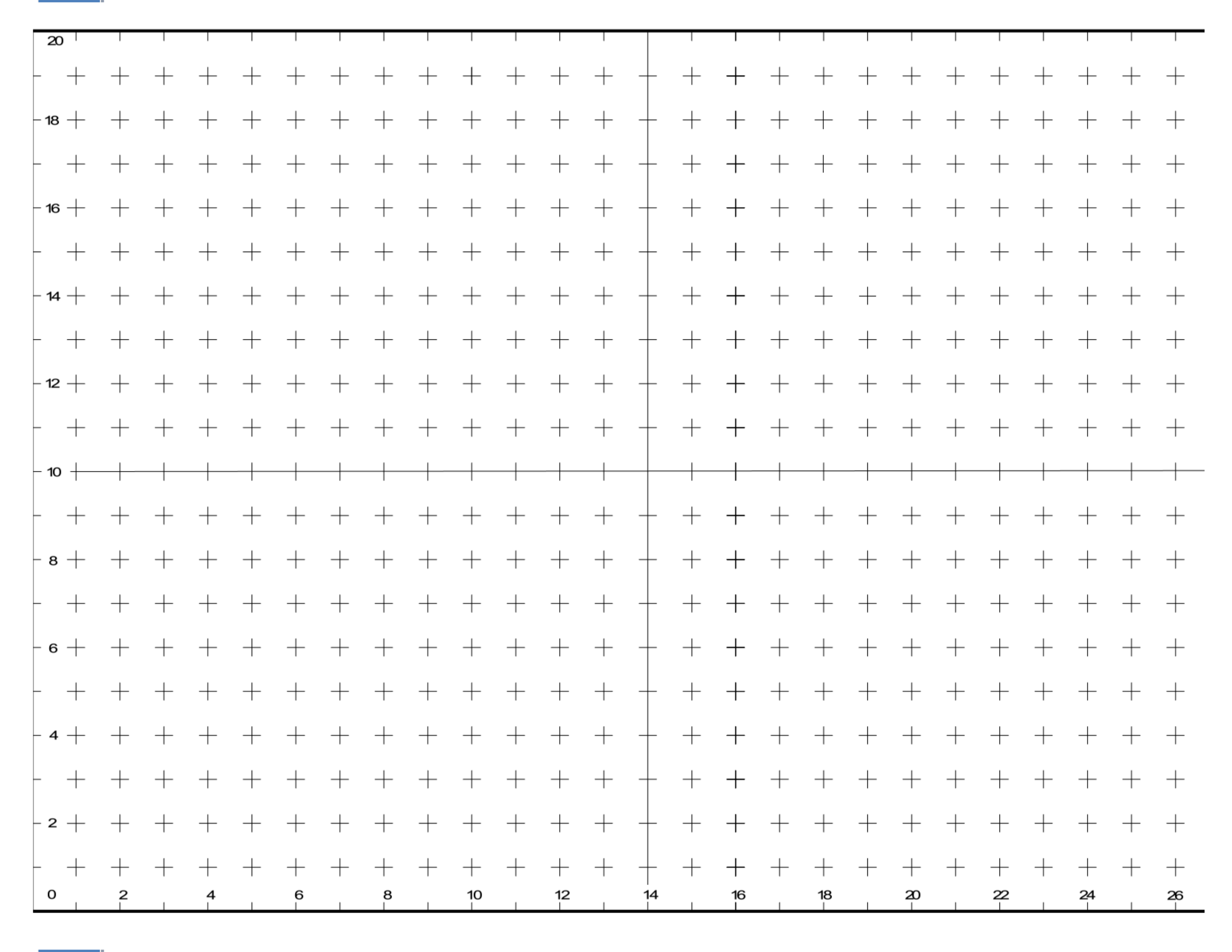
DIPOLO DE CARGA OPUESTA

13. Contrastar los valores teóricos del potencial sobre la línea que une ambos electrodos con las medidas experimentales del potencial realizado.

Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

Bibliografia


20 18 16 14 12 10 8 6 4 2
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26

Objetivos

1. Comprender que la resistencia eléctrica de un elemento conductor depende de su geometría, las características del material, así como de su temperatura.
2. Determinar la resistividad eléctrica de un alambre conductor a partir de la resistencia eléctrica *R*, el área *A* de la sección transversal y la longitud *L* del segmento de prueba.

Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Conductores óhmicos	2	
Fuente de poder CD	1	
Multímetro	1	
Cables de conexión	3	
Reóstato	1	
Escala métrica	2	

Marco teórico

RESISTIVIDAD

La resistencia de un conductor depende principalmente de cuatro parámetros:

- Naturaleza del material.
- Longitud “ L ”
- Área de la sección transversal “ A ”
- Temperatura del material

La resistencia de un conductor como se mencionó anteriormente, depende de la naturaleza del material; Existe una relación matemática que permite identificar esta dependencia basándose en la definición de **resistividad del material (ρ)** mediante la ecuación:

$$\rho = \frac{E}{\left(I/A \right)} \qquad \textbf{(4.1)}$$

En donde E es el campo eléctrico en el conductor en un punto dado y la relación I/A es la corriente en un punto, dividida por el área de la sección transversal correspondiente.

Algunos de estos parámetros se pueden apreciar en la **Figura 1**

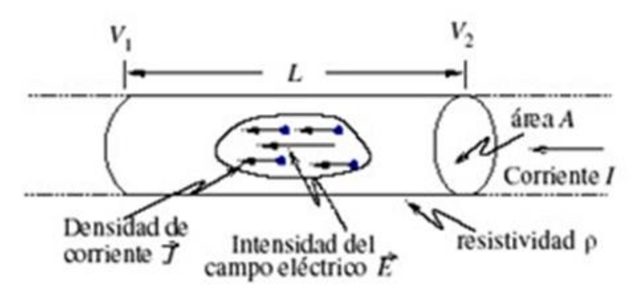


Figura 1. Conductor cilíndrico

La resistencia de un conductor puede relacionarse con su resistividad ρ , longitud L y sección transversal A. En primer lugar, debe recordarse que el voltaje V entre los extremos del conductor está relacionado con el campo eléctrico uniforme E en el conductor por la expresión:

$$E = \frac{V}{L} \qquad \textbf{(4.2)}$$

Además si se tiene en cuenta que la expresión para la resistencia en términos de corriente I y el voltaje V es equivalente a:

$$R = \frac{V}{I} \qquad \textbf{(4.3)}$$

El equivalente para la resistividad de un material en términos matemáticos a base de la expresión **(4.1)** se podrá expresar en función de R , L y A aplicando las expresiones **(4.2)** y **(4.3)** de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{E}{\left(I/A \right)} = \frac{RA}{L} \quad (4.4)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (4.5)$$

En algunos materiales el valor de la resistencia R depende de la corriente I que los atraviesa. La resistividad ρ de tales materiales depende del valor I/A. Sin embargo, los metales y algunos otros materiales conservan el mismo valor de la resistividad y por tanto el mismo valor de la resistencia sin depender de la razón I/A". Se dice que en estos casos se cumple la **ley de Ohm**.

De la ecuación **(4.5)** se deduce que si L está dada en metros (m), A en metros cuadrados (m^2) y R en ohmios (Ω), la unidad de ρ deberá estar en dada en Omhnios metro ($\Omega\, m$). En la **Tabla 1** se muestran los valores de resistividad de algunos materiales.

Material	ρ (Ω x m)
Plata	$1{,}6x10^{-8}$
Cobre	$1{,}7x10^{-8}$
Aluminio	$2{,}7x10^{-8}$
Tungsteno	$5{,}6x10^{-8}$
Plomo	$2{,}1x10^{-7}$
Constantán (Ni+Cu)	$4{,}91x10^{-7}$
Aleación de Fe y Ni	$1{,}7x10^{-6}$
Carbón	$3{,}5x10^{-5}$
Agua salada	$2{,}0x10^{-1}$
Germanio	$5{,}0x10^{-1}$
Oxido de cobre (CuO)	$1{,}0x10^{3}$
Agua destilada	$5{,}0x10^{3}$
Vidrio	$1{,}0x10^{12}$
Aceite de transformador	$2{,}0x10^{14}$
Caucho	$1{,}0x10^{15}$

Tabla 1. Valores de resistividad de algunos materiales a una temperatura de 20°C

Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

1. Investigar en que consisten los conceptos que se listan a continuación:

- Concepto de Corriente eléctrica.
- Concepto de Densidad de corriente.
- Concepto de Resistividad.
- Concepto de Conductividad.

2. ¿De que factores depende la resistencia y la resistividad de un material óhmico?
3. ¿Qué consideraciones se deben tener en cuenta al momento de realizar la medición del valor de la resistencia de un material óhmico con un multímetro?

Procedimiento

1. Posicionar sobre la escala métrica uno de los alambres resistivos en la configuración que se muestra en la **Figura 2**.

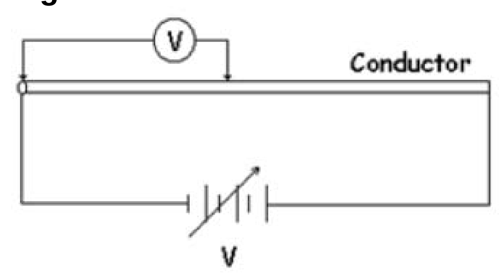


Figura 2. **Configuración eléctrica del conductor óhmico para determinar resistividad.**

2. Proporcionar una corriente pequeña a la configuración realizada en el punto anterior.
3. Medir con el multímetro el voltaje *V* en el alambre resistivo por secciones de 10 centímetros (*cm*).
4. Medir con el multímetro la resistencia *R* en el alambre resistivo por secciones de 10 centímetros (*cm*).

5. Con los datos obtenidos completar la **Tabla 2**. Recuerde que el valor para lo corriente en cualquier sección del alambre resistivo es el mismo.
6. Realizar los pasos 1-4 del procedimiento para un segundo alambre resistivo y completar la **Tabla 2**. Recuerde que el valor para lo corriente en cualquier sección del alambre resistivo es el mismo.

Análisis de datos

L(m)	CONDUCTOR OHMICO N°1				CONDUCTOR OHMICO N°2			
	$\varnothing_1$(cm)=				$\varnothing_2$(cm)=			
	I(A)	V(V)	R(Ω)	L/A(m^{-1})	I(A)	V(V)	R(Ω)	L/A(m^{-1})
0.1m								
0.2m								
0.3m								
0.4m								
0.5m								
0.6m								
0.7m								
0.8m								
0.9m								
1m								

Tabla 2. **Dimensiones y medidas de corriente y voltaje para los conductores óhmicos.**

1. Elaborar una gráfica de R en función de L/A empleando los datos de la **Tabla 2.** para cada uno de los alambres resistivos.
2. Interpretar las gráficas y determinar la pendiente para ambos casos.
3. Teniendo en cuenta que la pendiente de cada grafica equivale a la resistividad "ρ" de cada conductor utilizado, determine el material de los dos alambres resistivos con ayuda de la **Tabla 1.**
4. Determine el porcentaje de error para la resistividad de los alambres resistivos tomando los valores de la **Tabla 1** como valores teóricos y los valores de las pendientes como valores experimentales.

$$\% \, Error = \left| \frac{Error_{Teórico} - Error_{Experimental}}{Error_{Teórico}} \right| * 100\%$$

5. Identifique las fuentes de error.

Preguntas de control

1. ¿Cómo afecta la temperatura a la resistividad y a la resistencia de un material óhmico?
2. ¿Qué función cumple el reóstato en la configuración presentada para la realización de la práctica?
3. ¿Qué se puede deducir a partir de los porcentajes de error obtenidos en el inciso 4 del análisis de datos?

Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

Bibliografia

Objetivos

1. Investigar y analizar las tres variables involucradas en la relación matemática conocida como Ley de Ohm (Voltaje, corriente y resistencia).
2. Comprobar las variables involucradas en la ley de Ohm para diferentes topologías de circuitos resistivos.

Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Protoboard	1	
Multímetro Digital	1	Debe medir corriente
Fuente de voltaje DC	1	
Cables banana-caimán	2	
Cables de Conexión	varios	Suministrados por el estudiante
Resistencias $100\Omega \leq R \leq 1000\Omega$	3	Suministradas por el estudiante

Marco teórico

LEY DE OHM

"La intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo".

La ley de Ohm recibe este nombre en honor del físico alemán Georg Simon Ohm a quien se le acredita el establecimiento de la relación voltaje-corriente para la resistencia. Como resultado de su trabajo pionero, la unidad de la resistencia eléctrica lleva su nombre. La ley de Ohm establece que el voltaje a través de una resistencia es directamente proporcional a la corriente que fluye a lo largo de ésta. Se representa mediante la ecuación:

$$V = IR \qquad \textbf{(5.1)}$$

Donde, empleando unidades del sistema internacional de medidas, tenemos:

- V = Diferencia de potencial en voltios (V)
- I= Intensidad en amperios (A)

- R= Resistencia en ohmios (Ω)

La resistencia medida en ohm, es la constante de proporcionalidad entre el voltaje y la corriente, y depende de las características geométricas y del tipo de material con que la resistencia este construida. Un elemento de circuito cuya característica eléctrica principal es que se opone al establecimiento de la corriente se llama resistencia, y se representa con el símbolo que se muestra en la **Figura 1**.

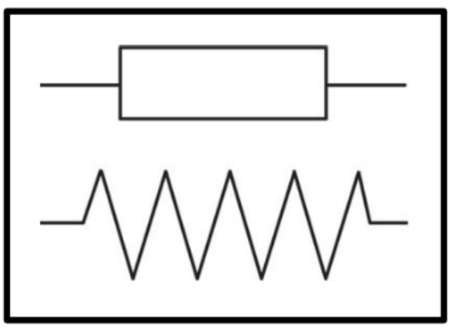


Figura 1. Símbolo de la Resistencia.

RESISTENCIAS EN SERIE Y EN PARALELO

Cuando varios elementos del circuito, como resistencias, baterías, están conectados en sucesión como se indica en la **Figura 2**; con un solo camino de corriente entre los puntos, se dice que están conectadas en serie. Resistencias en serie se suman para obtener una resistencia equivalente de la siguiente manera:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad \textbf{(5.2)}$$

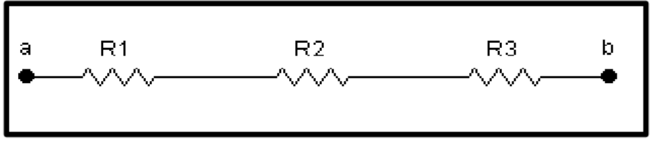


Figura 2. Resistencias en serie.

De las resistencias de la **Figura 3** se dice que están conectadas en paralelo entre los puntos a y b, porque cada resistencia ofrece un camino diferente entre los puntos y están sometidos a la misma diferencia de potencial 'voltaje'. La resistencia equivalente de dos resistencias es el producto de éstas dividido por la suma de ambas:

$$R_{eq} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} \quad \textbf{(5.3)}$$

Para el caso en que se presentan más de dos resistencias se tiene:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \ldots \quad \textbf{(5.4)}$$

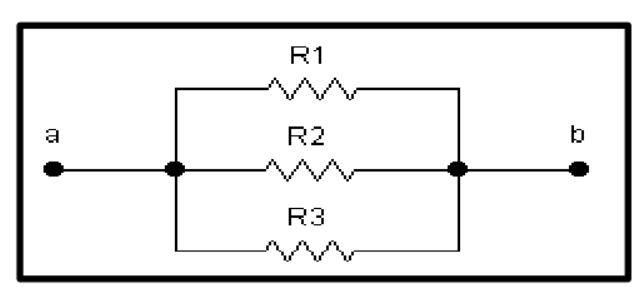


Figura 3. Resistencias en paralelo.

Con respecto a cualquier combinación de resistores como en la **Figura 4**, siempre se puede hallar un solo resistor que podría tomar el lugar de la combinación y dar por resultado la misma corriente y diferencia de potencial totales, la resistencia de este único resistor se conoce como resistencia equivalente.

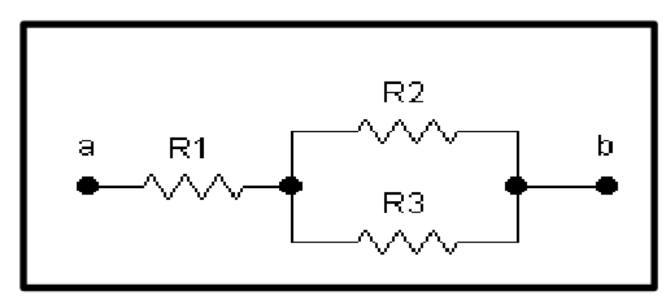


Figura 4. Circuito Mixto.

Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

1. Consultar concepto de Circuito Eléctrico.
2. Consultar concepto de nodo, rama y malla.
3. Consultar código de colores de Resistencias
4. Consultar cómo se operan Resistencias en circuito serie.
5. Consultar cómo se operan Resistencias en circuito paralelo.
6. Consultar cómo se operan Resistencias en circuitos mixtos.
7. Consultar relación entre voltaje-corriente-resistencia(ley de Ohm)
8. Consultar la manera adecuada de medir resistencia, voltaje y corriente en un circuito eléctrico utilizando un multímetro.
9. Consultar el código de colores de resistencias.
10. Consultar los trazos de continuidad presentes en una protoboard.

Procedimiento

Parte 1: Identificación del valor de la resistencia a partir del código de colores

Modifica el selector del multímetro girándolo a la escala que indica Resistencia las puntas se distribuyen así:

- La punta roja se conecta en la parte que indica Ω (Ohmios)
- La punta negra se conecta en la parte que indica COM (Tierra).

1. Selecciona tres resistencias de diferente valor que se encuentren en el rango de $100\Omega\ a\ 1000\Omega$. Anota su código de colores en la **Tabla 1**. Llamaremos a las resistencias $R_1, R_2\ y\ R_3$.

2. Determina el valor de las resistencias utilizando el código de colores. Anota este valor en la columna Resistencia codificada de la **Tabla 1**. Anota el valor de la tolerancia según lo indica el color en la columna correspondiente.

3. Con ayuda del multímetro digital realice la medición de resistencia para las tres resistencias seleccionadas y registre estos valores como "Resistencia medida" en la **Tabla 1** y la **Tabla 3**

Parte 2: Medición de resistencia en circuito serie, paralelo y mixto

4. Conecta las tres resistencias en serie como se muestra en la **Figura 5.** Mide los valores $R_{12}, R_{23}\ y\ R_{123}$ conectando las puntas del multímetro en los extremos de las flechas indicadas en el diagrama de la **Figura 5**. Registre estos valores en la **Tabla 2**

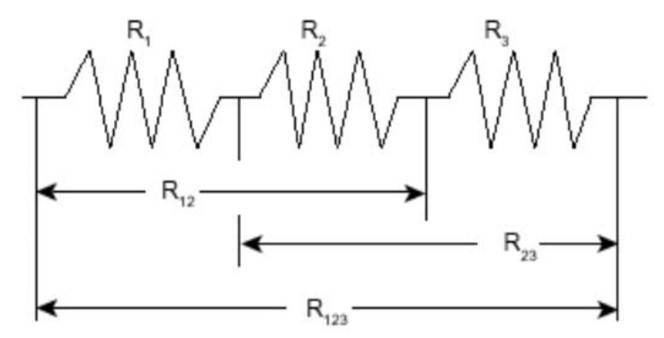


Figura 5. Circuito resistencias en serie.

5. Conecta las tres resistencias en paralelo como se muestra en la **Figura 6.** Mide los valores $R_{12}, R_{23}\ y\ R_{123}$ conectando las puntas del multímetro en los extremos de las flechas indicadas en el diagrama de la **Figura 6**. Registre estos valores en la **Tabla 2**. Importante: para la medición de R_{12}, solo deben estar conectadas las resistencias R_1 y R_2; para la medición de R_{23} solo deben estar conectadas las resistencias R_2 y R_3.

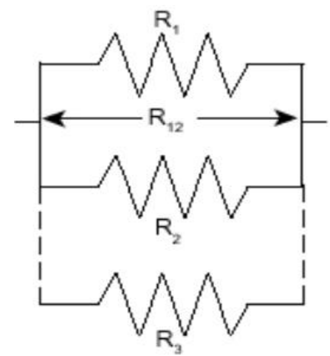


Figura 6. Circuito resistencias en paralelo.

6. Conecta las tres resistencias en un circuito mixto como se muestra en la **Figura 7.** Mide los valores $R_{12}, R_{23}\ y\ R_{123}$ conectando las puntas del multímetro en los extremos de las flechas indicadas en el diagrama de la **Figura 7**. Registre estos valores en la **Tabla 2**.

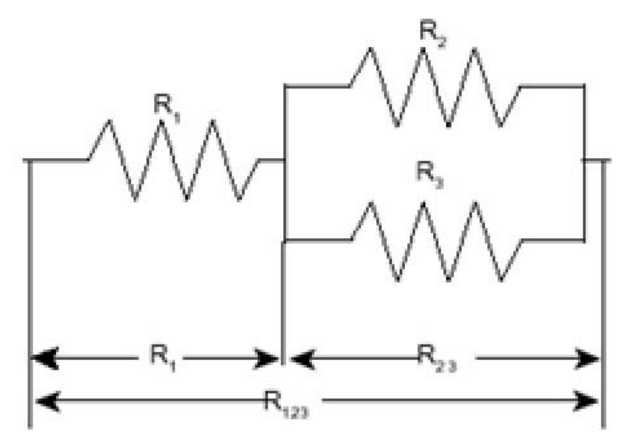


Figura 7. Circuito mixto de resistencias.

Parte 3: Medición de voltaje y corriente en circuito mixto

7. Con la misma configuración de la **Figura 7** realice la medición del voltaje y la corriente presentres en cada una de las resistencia al momento de suministrar 5V al circuito con ayuda de la fuente de voltaje DC. Registre los datos obtenidos en la **Tabla 3**. Tenga en cuenta las unidades en las cuales realiza la medición y la manera adecuada de realizar la medición de voltaje y corriente estudiadas previamente a la práctica según cuestionario.

Análisis de datos

	Colores 1º	2º	3º	Resistencia Codificada(Ω)	Resistencia Medida(Ω)	Tolerancia 4°
R_1						
R_2						
R_3						

Tabla 1. Medición de Resistencias

1. Determine el porcentaje de error de cada resistencia según la siguiente ecuación:

$$\%Error = \left|\frac{Resistencia_{Codificada} - Resistencia_{Medida}}{Resistencia_{Codificada}}\right| * 100 \qquad \textbf{(5.5)}$$

	Circuito Serie	Circuito Paralelo	Circuito Mixto
$R_{12}(\Omega)$			
$R_{23}(\Omega)$			
$R_{123}(\Omega)$			

Tabla 2. Medición de Resistencia equivalente en circuito serie, paralelo y mixto.

2. Con los datos registrados en la **Tabla 3** para el voltaje y la corriente de las resistencias en la configuración de circuito mixto realice la operación "Voltaje/Corriente" y complete la **Tabla 3**.

	Resistencia Medida(Ω)	Corriente (A)	Voltaje (V)	Voltaje/Corriente (Ω)
R_1				
R_2				
R_3				

Tabla 3. Medición de voltaje y corriente en circuito mixto.

3. Determine el porcentaje de error para los valores de cada una de las resistencias de la **Tabla 3** de la siguiente manera:

$$\%Error = \left|\frac{Resistencia\ medida - (voltaje/corriente)}{Resistencia\ medida}\right| * 100 \qquad \textbf{(5.6)}$$

Preguntas de control

1. ¿Es posible corroborar la Ley de Ohm a partir de los porcentajes de error obtenidos con la ecuación **(5.6)**?
2. ¿Cuáles son las posibles fuentes de error presentes en la práctica?
3. ¿Qé relación existe entre el porcentaje de error obtenido en el inciso 1 del análisis de datos y la tolerancia registrada en la **Tabla 1** para cada caso?
4. Explique con sus palabras el comportamiento de $R_{12}, R_{23}\ y\ R_{123}$ para cada caso (configuración serie, paralelo y mixto).

Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

Bibliografia



DEPARTAMENTO DE
FISICA Y GEOLOGIA

No
6

LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO

LEYES DE KIRCHHOFF

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

Objetivos

1. Entender las leyes de conservación de energía eléctrica y de la conservación de la carga en circuitos eléctricos
2. comprobar experimentalmente las Leyes de Kirchhoff a partir de tensiones y corrientes en los circuitos

Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Protoboard	1	
Multímetro Digital	1	Debe medir corriente
Fuente de voltaje DC	1	
Cables banana-caimán	2	
Cables de Conexión	varios	Suministrados por el estudiante
Resistencias $100\Omega \leq R \leq 1000\Omega$	3	Suministradas por el estudiante

Marco teórico

<u>LEY DE OHM</u>

LEYES DE KIRCHHOFF

En la práctica, muchas redes de resistencias no se puden reducir a combinaciones simples en serie o en paralelo. La **Figura 1** representa un circuito de "puente", que se utiliza en muchos tipos distintos de sistemas de medición y control. No es necesario recurrir a ningún principio nuevo para calcular las corrientes en estas redes, pero hay ciertas técnicas que facilitan el manejo sistemático de este tipo de problemas.

Describiremos las técnicas ideadas por el físico alemán Gustav Robert **Kirchhoff**, que están basadas en dos leyes importantes. La primera ley, es la Ley de corriente de Kirchhoff, la cual establece que la suma algebraica de las corrientes que entran a cualquier nodo (punto de conexión de dos o más elementos del circuito) es cero o también que la suma de las corrientes que entran en un nodo es igual a las sumas de las corrientes que salen del nodo. En forma matemática, la ley aparece como:

$$\sum_{j=1}^{N} I_j = 0 \qquad \textbf{(6.1)}$$

y físicamente significa que en un punto del conductor (nodo) la carga no puede acumularse, donde I_j es la j-ésima corriente que entra al nodo a través de la rama j y N es el número de ramas (parte del circuito que tiene un solo elemento) conectados al nodo.

La segunda ley de Kirchhoff, llamada Ley del voltaje de Kirchhoff, establece que la suma algebraica de los voltajes alrededor de cualquier malla (trayectoria cerrada en la cual un nodo no se encuentra más de una vez) es cero. Físicamente significa la cosnsrvación de la energía eléctrica. En general la representación matemática de la ley de voltaje de Kirchhoff es:

$$\sum_{j=1}^{N} V_j = 0 \qquad \textbf{(6.1)}$$

Donde V_j es el voltaje a través de la j-ésima rama en una malla que contiene N voltajes.

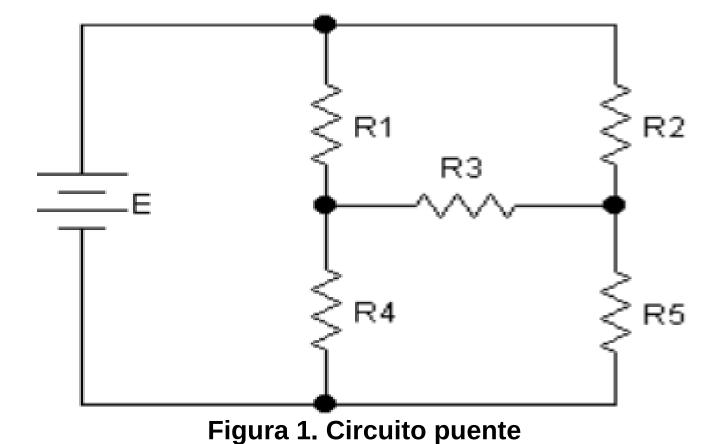


Figura 1. Circuito puente

Cuestionario

1. Consulta el código de colores de Resistencias
2. Explicar mas detalladamente las Leyes de Kirchhoff.
3. Realizar ejercicios en donde aplique (no compruebe) ambas leyes de Kirchhoff.
4. Consultar en que consiste en método Delta-Estrella y para que sirve.

Procedimiento

Parte 1: Ley de Voltajes

1. Implementa el circuito de la **Figura 2** utilizando resistencias menores a 1000 Ω. Anota en la **Tabla 1** los valores de las resistencias. Sin que circule corriente mide la resistencia total del circuito entre los puntos A y B. y anótalo como la resistencia total R_T.
2. Con el circuito conectado a la alimentación, y la corriente circulando, mide las tensiones en cada una de las resistencias y toma nota de los valores en la **Tabla 1.**
3. Ahora mide la corriente que circula por cada resistencia. Interrumpe el circuito y coloca el multímetro en serie para obtener la corriente. Asegúrate de medir y anotar todas las corrientes individuales y la corriente total que ingresa o sale del circuito, I_T.

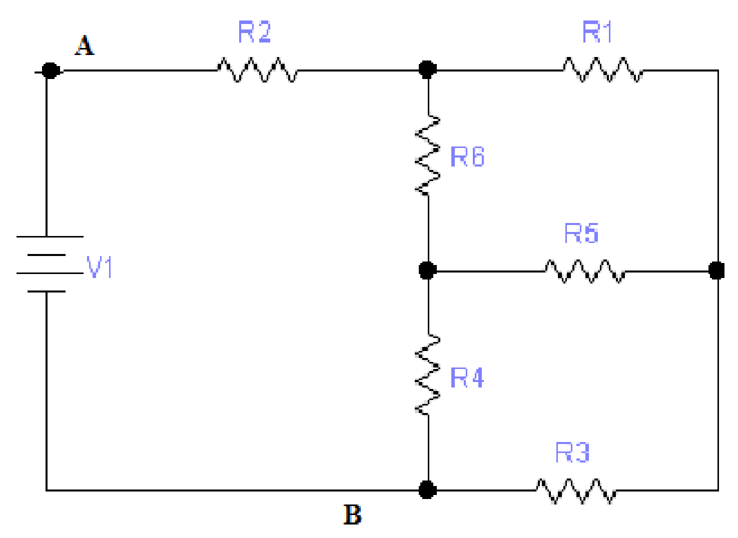


Figura 2. Circuito puente

Parte 2: Ley de corrientes.

1. Implementa el circuito de la **Figura 3** utilizando resistencias menores a 1000 Ω y las dos fuentes. Anota en la **Tabla 2** los valores de las resistencias
2. Con el circuito conectado a la alimentación, y la corriente circulando, mide las tensiones en cada una de las resistencias y toma nota de los valores en la **Tabla 2.**

3. Ahora mide la corriente que circula por cada resistencia. Interrumpe el circuito y coloca el multímetro en serie para obtener la corriente. Asegúrate de medir y anotar todas las corrientes individuales.

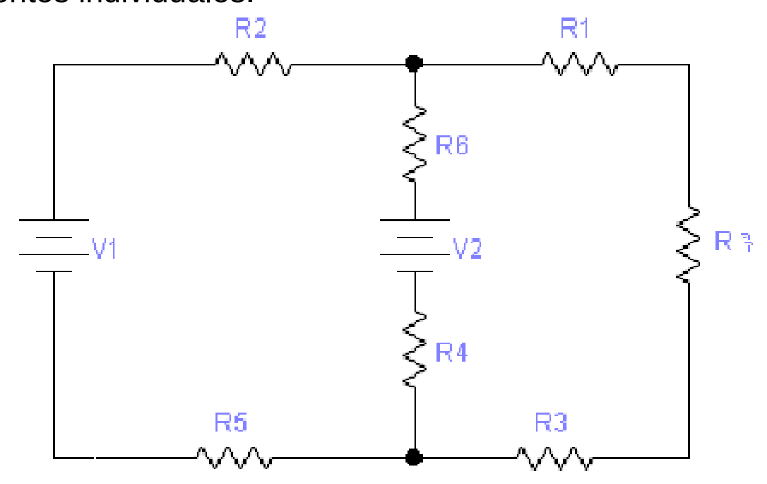


Figura 3. Circuito mixto con dos fuentes.

Análisis de datos

Parte 1.

Resistencia (Ω)		Tension (*V*)		Corriente (*mA*)	
R_1		V_1		I_1	
R_2		V_2		I_2	
R_3		V_3		I_3	
R_4		V_4		I_4	
R_5		V_5		I_5	
R_6		V_6		I_6	
R_T		V_T		I_T	

Tabla 1

Error	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
Corriente medida						
Corriente calculada						
% error						

Tabla 2

Parte 2.

Resistencia (Ω)		**Corriente (*mA*)**		**Tension (*V*)**	
R_1		I_1		V_1	
R_2		I_2		V_2	
R_3		I_3		V_3	
R_4		I_4		V_4	
R_5		I_5		V_5	
R_6		I_6		V_6	
R_7		I_7		V_7	

Tabla 3

Error	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_7
Tension medida						
Tension calculada						
% error						

Tabla 4

$$\%Error = \left|\frac{V_{calculado} - V_{medido}}{V_{calculado}}\right| * 100\% \qquad \textbf{(6.3)}$$

Preguntas de control

Parte 1:

1. Determine el flujo neto de corriente que ingresa o egresa de cada nodo del circuito usando la ley de mallas, es decir; determine analíticamente las corrientes de mallas que le permitan calcular las corrientes sobre cada resistencia. Anotelas en la **Tabla 2** y calcule el error.
2. ¿Coinciden los datos medidos con los calculados? Justifique su respuesta.

3. Intente resolver el mismo circuito ahora aplicando ley de corrientes o de nodos. ¿Qué estrategia usaría?

Parte 2:

1. Determine analíticamente las tensiones sobre cada resistencia aplicando ley de corriente (sugerencia: individualice las ramas de corriente y establesca un punto de referencia a tierra). Anotelas en la **Tabla 4** y calcule el error.
2. ¿Coinciden los datos medidos con los calculados? Justifique su respuesta.
3. Intente resolver el mismo circuito ahora aplicando ley de voltaje o de mayas.

¿Qué observo en la aplicación de cada método? . ¿Cuál es mejor?. Compara los resultados analíticos con tus mediciones para fundamentar tus conclusiones.

Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

Bibliografia



DEPARTAMENTO DE FISICA Y GEOLOGIA

No 7

LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO

MEDICIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO EN UN SOLENOIDE

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

Objetivos

1. Medir el campo magnético producido en el interior de un solenoide por una corriente continua a través de la fuerza magnética sobre una espira que conduce una corriente.

Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Fuentes de Voltaje (10A)	2	
Solenoide (N = 118 espiras, L = 15cm)	1	
Espira rectangular	1	
Hilo de diferentes longitudes	3	
Cables de conexión	4	

Marco teórico

CAMPO MAGNÉTICO

Un campo magnético “B” es una magnitud vectorial que puede estar producida por una carga puntual en movimiento o por un conjunto de cargas en movimiento, es decir, por una corriente eléctrica. La fuerza (intensidad o corriente) de un campo magnético se mide en **Gauss** (G) o **Tesla** (T).

Los **campos magnéticos estáticos** son campos magnéticos que no varían con el tiempo (frecuencia de 0 Hz). Se generan por un imán o por el flujo constante de electricidad.

SOLENOIDE

Un solenoide es definido como una bobina de forma cilíndrica que cuenta con un hilo de material conductor enrollada sobre sí a fin de que, con el paso de la corriente eléctrica se genere un intenso campo magnético que al aparecer provoca en el mismo un comportamiento similar al de un imán.

Es importante denotar que con la configuración cilíndrica o en hélice cómo se muestra en la **figura 1** del solenoide es posible producir un campo magnético razonablemente uniforme en el espacio rodeado por las vueltas del alambre. Cuando las vueltas están muy próximas entre sí, cada una puede considerarse como una vuelta circular, y el campo magnético neto es el vector suma de los campos debido a todas las vueltas.

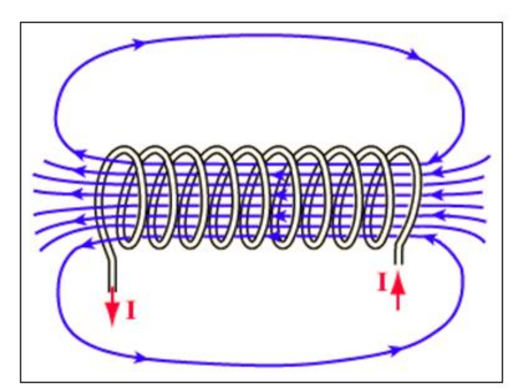


Figura 1. Solenoide

Un solenoide ideal es aquel cuando el espacio entre las vueltas es muy pequeño y la longitud es grande en comparación con el radio. En este caso, el campo fuera del solenoide es débil comparado con el campo dentro y el campo ahí es uniforme en un gran volumen. La expresión para calcular la **magnitud del campo magnético** "B" dentro de un solenoide ideal, con espacio vació entre las bobinas es:

$$B = \frac{\mu_0 N I_b}{L} \qquad \textbf{(7.1)}$$

Dónde:

- N = Número de vueltas del Solenoide.
- L = Longitud del Solenoide.
- μ_0 = Constante de permeabilidad (espacio libre).
- I_b = Corriente que circula en el Solenoide.

FUERZA MAGNÉTICA SOBRE LA ESPIRA

Cuando una partícula cargada aislada se mueve a través de un campo magnético, sobre ella se ejerce una fuerza magnética. No debe sorprender entonces, que un alambre que conduce una corriente experimente también una fuerza cuando se pone en un campo magnético.

Esto es el resultado de que la corriente representa una colección de muchas partículas cargadas en movimiento; por tanto, la fuerza resultante sobre el alambre se debe a la suma de las fuerzas individuales ejercidas sobre las partículas cargadas.

La expresión para calcular la **fuerza magnética** "F" sobre un alambre recto en un campo magnético uniforme "B", está dado por la expresión:

$$\vec{F} = I\overrightarrow{L} X \vec{B} \qquad \textbf{(7.2)}$$

Donde "L" es un vector de magnitud igual a la longitud del alambre con dirección igual a la dirección de la corriente "I" que conduce el alambre.

Cuando se cierra el interruptor como se muestra en la **figura 2** la balanza se desequilibra debido a la fuerza magnética sobre la espira. La magnitud de esta fuerza se puede calcular con la expresión:

$$F_m = I_e dB \qquad \textbf{(7.3)}$$

Donde F_m es la **fuerza magnética,** I_e la corriente de la espira, "d" el ancho de la espira y "B" el campo magnético dentro de la bobina.

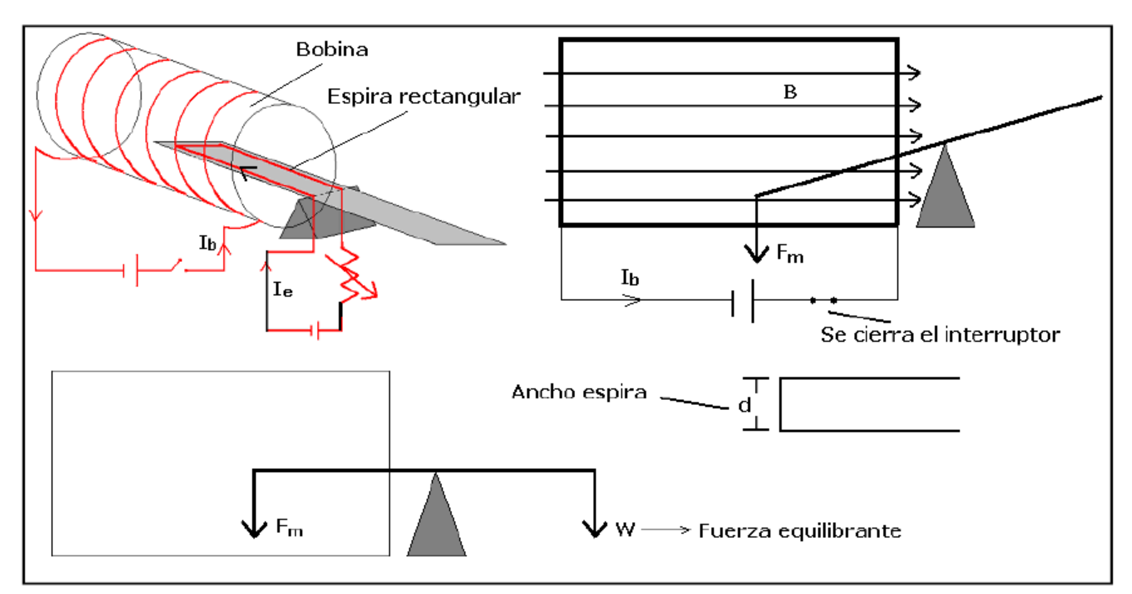


Figura 2. Montaje Experimental

CÁLCULO EXPERIMENTAL DEL CAMPO MAGNÉTICO DENTRO DE LA BOBINA

De la expresión **(3)** se puede calcular el campo magnético "B" dentro de la espira si conocemos la fuerza "F_m". Después que la balanza se ha desequilibrado debido a la fuerza magnética, colocamos un cuerpo de peso conocido "W" en el otro extremo de la balanza de tal forma que logre equilibrar la fuerza magnética. Entonces podemos calcular la magnitud del campo magnético con la siguiente expresión:

$$B = \frac{W}{I_e d} \qquad \textbf{(7.4)}$$

Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

1. Explica por qué se crea un campo magnético dentro del solenoide. ¿Está de acuerdo la dirección del campo magnético con la dirección de la corriente de la bobina?
2. Investigar el valor de la constante de permeabilidad magnética del espacio libre, μo.
3. Consultar sobre el campo magnético producido por un alambre recto que conduce una corriente.
4. Calcular la fuerza magnética entre dos conductores.
5. Demostrar la expresión **(7.3)** y **(7.4)** realizando los esquemas necesarios para las corrientes, el campo y la fuerza resultante.

Procedimiento

1 .Conecte la fuente de corriente directa a la bobina y ajuste una corriente inicial de 3,4 A.

2. Conecte la fuente de corriente directa a la espira y ajuste una corriente inicial de 1A de tal forma que la balanza se desequilibre del lado mostrado en la **figura 2** por acción de la fuerza magnética.

3. Registre en la **tabla 1** los datos necesarios para calcular el campo magnético en la bobina utilizando la ecuación **(7.1)**.

4. Coloque en el extremo de la balanza un hilo de longitud y densidad lineal de masa conocida y varié la corriente sobre la espira hasta que la balanza se equilibre.

5. Calcule la densidad lineal de masa del hilo utilizado (recuerde que la densidad lineal de masa de un hilo equivale a dividir su masa entre su longitud).

6. Repita el numeral 4 y 5 para dos hilos más de diferentes longitudes y registre en la **tabla 2** los datos necesarios para calcular el campo magnético en la bobina utilizando la ecuación **(7.4)** para los tres hilos seleccionados.Tenga en cuenta que el peso que se debe registrar en la **tabla 2** para cada uno de los hilos corresponde a la multiplicación de la masa de cada uno de ellos y el valor de la gravedad 9.8 m/s2.

Análisis de datos

Permeabilidad magnética del espacio libre, μ_o	Número de espiras en el solenoide, *N*	Corriente en el Solenoide, I_b	Longitud del Solenoide, *L*	Campo Magnético, *B*

Tabla 1. Cálculo del campo magnético.

	ANCHO DE LA ESPIRA d:____			
	Peso *W*	**Corriente de la espira, I_e**	**Densidad lineal de masa del hilo**	**Campo Magnético, *B***
HILO 1				
HILO 2				
HILO 3				

Tabla 2. Cálculo del campo magnético.

1. Tome el valor calculado con la ecuación **(7.1)** para el campo magnético en la bobina que se encuentra registrado en la **tabla 1** y regístrelo en la **tabla 3**.
2. Tome los tres valores calculados para el campo magnético en la bobina para cada valor de corriente en la espira presentes en la **tabla 2**, promedie y registre en la **tabla 3**.
3. Con los datos dela **tabla 2** calcule la fuerza magnética para cada caso y realice una gráfica de fuerza magnética contra corriente en la espira. De dicha gráfica calcule la pendiente, la cual será otro valor de campo magnético dentro del solenoide. Registre este valor en la **tabla 3.**

CAMPO MAGNÉTICO		
$B = \frac{\mu_0 N I_b}{L}$	$\overline{B} = \frac{W}{I_e d}$	Gráficamente en función de Fm

Tabla 3. Campo magnético

Preguntas de control

1. Realiza un esquema donde se muestre la dirección del campo magnético dentro del solenoide, la dirección de la corriente en la espira y la dirección de la fuerza magnética sobre la espira. ¿Está de acuerdo la deflexión de la espira (dirección de la fuerza magnética) con la ecuación **(7.2)**?

2. ¿Qué sucederá si cambia el sentido de la corriente en la bobina? ¿Qué sucederá si cambia el sentido de la corriente en la espira?

Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

Bibliografia



RELACIÓN CARGA-MASA

DEPARTAMENTO DE FISICA Y GEOLOGIA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

Objetivos

1. Observar y describir la interacción entre cargas eléctricas en movimiento y campos magnéticos creados por bobinas.
2. Determinar qué clase de partícula emite un filamento al calentarse midiendo su relación carga – masa.

Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Bobina de Helmholtz	1	
Fuente de 6,3 VCD o C.A	1	
Fuente de 0-300 VCD	1	
Fuente de 6-9 VCD; 2 A	1	
Cables para conexión	6	
Aparato experimental para instalación de las bobinas	1	

Marco teórico

BOBINAS DE HELMHOLTZ

Las bobinas de Helmholtz consisten en dos bobinas circulares de radio “R” y separadas por una distancia igual a su radio. Si ambas espiras tienen un número de arrollamiento igual a “N” y por ambas espiras circula una corriente “I” (en el mismo sentido), se tiene que el campo magnético en el centro de las espiras es constante.

Cuando por las bobinas circula una corriente directa y constante se crea un campo magnético aproximadamente uniforme en su interior (representado por “x” en la **figura 1**) que se puede calcular con la siguiente expresión:

$$B = \frac{8\mu_0 NI}{\sqrt{125}\, R} \qquad \textbf{(8.1)}$$

Dónde:

- $\boldsymbol{N}$ = Número de vueltas de la bobina de Helmholtz.

- $\boldsymbol{R}$ = Radio de la bobina de Helmholtz.
- $\boldsymbol{\mu_0}$ = Constante de permeabilidad (espacio libre), $4\pi * 10^{-7}$ T.m/A.
- $\boldsymbol{I}$ = Corriente a través de la bobina de Helmholtz.

(Las bobinas que se utilizaran para la práctica tienen las siguientes características: $N = 130$ y $R = 15$.)

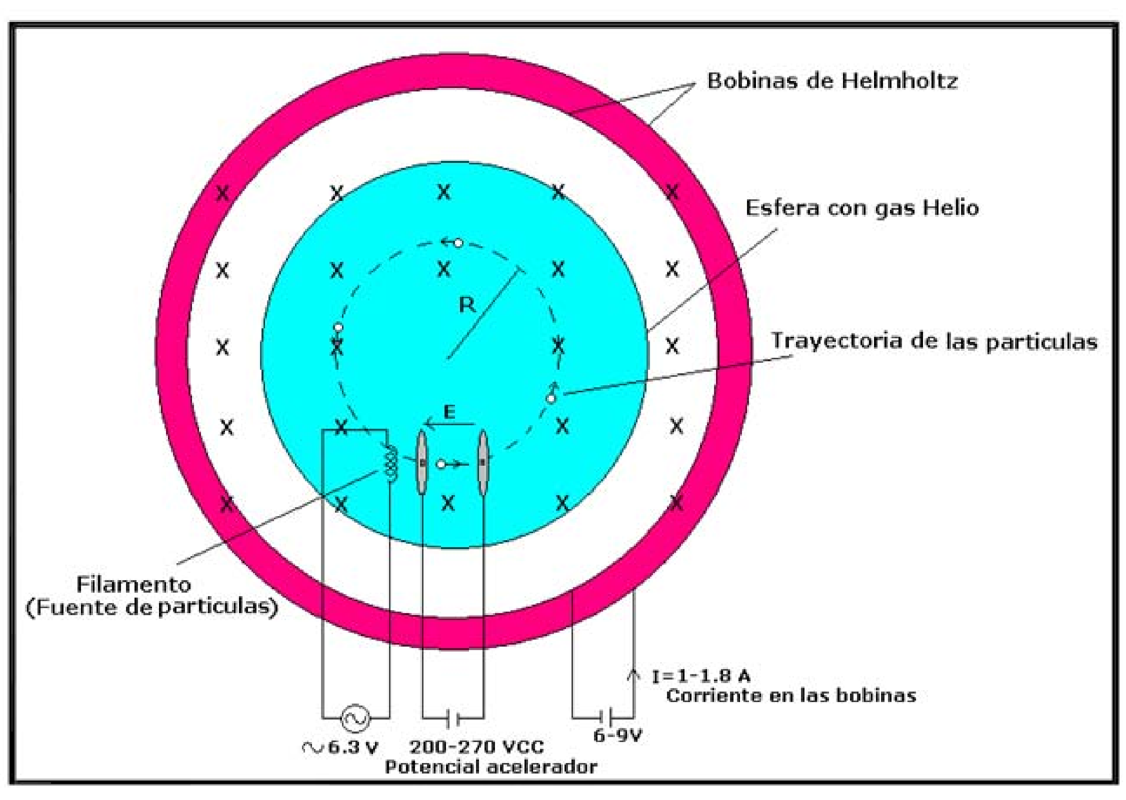


Figura 1. Bobinas de Helmholtz. Montaje experimental.

ELECTRONES ACELERADOS POR EL CAMPO ELÉCTRICO

Cuando se calienta el filamento por la fuente de corriente alterna, este emite partículas, tal como se evaporan las moléculas de un líquido al calentarse. Este fenómeno se llama **emisión termoiónica**. El potencial acelerador crea un campo eléctrico entre el ánodo y el cátodo que acelera las partículas emitidas por el filamento. Si las partículas parten del reposo, al final de la región de campo eléctrico tendrán una velocidad "v", donde la energía cinética "ΔE_k" ganada, será igual a la energía potencial eléctrica perdida "ΔU":

$$\Delta U = \Delta E_k \qquad \textbf{(8.2)}$$

Es decir;

$$qV = \frac{1}{2}mv^2 \qquad \textbf{(8.3)}$$

Dónde:

- $\boldsymbol{V}$ = Diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo (igual a la fuente de alimentación).
- $\boldsymbol{q}$ = Carga de las partículas emitidas por el filamento.
- $\boldsymbol{m}$ = Masa de las partículas emitidas por el filamento.

PARTÍCULA CARGADA ENTRANDO AL CAMPO MAGNÉTICO

Cuando las partículas salen del campo eléctrico entran al campo magnético "$\vec{B}$" creado por las bobinas de Helmholtz. La fuerza magnética "$\vec{F}_m$" que actúa sobre cada una de las partículas, cuando entra con una velocidad "$\vec{v}$" en el campo magnético está dada por

$$\vec{F}_m = q\vec{v}\, X\, \vec{B} \qquad \textbf{(8.4)}$$

Si el vector velocidad de la partícula es perpendicular al vector del campo magnético, la magnitud de la fuerza magnética será:

$$F_m = qvB \qquad \textbf{(8.5)}$$

Bajo estas condiciones la partícula se moverá en una trayectoria circular de radio r, experimentando una fuerza centrípeta de la forma:

$$F_c = \frac{mv^2}{r} \quad \textbf{(8.6)}$$

Quien obliga a la partícula a moverse en la trayectoria circular es el campo magnético, entonces la fuerza centrípeta en este caso es la fuerza magnética, es decir:

$$F_c = F_m \quad \textbf{(8.7)}$$

Así de las ecuaciones **(8.3)** y **(8.7)** se puede extraer la siguiente relación:

$$r^2 = \frac{2}{B^2}\frac{m}{q}V \quad \textbf{(8.8)}$$

Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

1. De una descripción de las bobinas de Helmholtz y de su utilidad.
2. De la ecuación **(8.8)**, encuentre la relación carga-masa "*q/m*".
3. Consultar los valores de la relación carga-masa para las partículas fundamentales más importantes (Ej: electrones. protones, y otras). ¿por qué es importante esta relación para las partículas atómicas?
4. Consultar y describir el experimento histórico de Thomson para la medida de la relación carga-masa.
5. Consultar las unidades para el campo magnético y su relación entre ellas (Tesla, Gauss, Weber/m2, Maxwell).

Procedimiento

1. Realice las conexiones de las fuentes de voltaje como se indica en la **figura 1**.

2. Encienda la fuente que calienta el filamento y asegúrese de que éste se coloca de color rojo.

3. Encienda la fuente para el potencial acelerador y ajuste inicialmente un voltaje de 100V. Debe observar una huella recta de las partículas en el gas Helio al ser acelerados por el campo eléctrico.

4. Encienda la fuente para las bobinas de Helmholtz en un rango de voltaje entre 6V – 9V y ajuste inicialmente una corriente de 1A. Debe observar a los electrones describir una trayectoria circular.

5. Mantenga la misma corriente en las bobinas de 1A. Mida el radio de la trayectoria circular del haz electrónico para potenciales de aceleración de 100, 120, 140 y 160V. Registre los datos obtenidos en la **tabla 1**.

6. Repita los pasos anteriores para corrientes de 1,4A y 1,8A en la bobina de Helmholtz y complete la **tabla 1.**

7. Determine los valores para el campo magnético con la expresión **(8.1)** empleado los valores de las corrientes registradas en la **tabla 1.** Introduzca estos valores para campo magnético en la **tabla 2**.

8. Tome los valores de radio “r” presentes en la **tabla 1**, eleve al cuadrado y registre en la **tabla 2** para cada caso.

9. Utilice la expresión **(8.8)** para determinar la relación “*q/m*” en (en *C/Kg*) para cada valor de campo magnético con su respectivo radio y potencial.



10. Calcule el promedio de la relación “*q/m*” para cada caso y complete con estos datos la **tabla 2**.

Análisis de datos

V(V)	I_1 = 1.0A	I_2= 1.4A	I_3 = 1.8A
	r(m)	r(m)	r(m)
100			
120			
140			
160			

Tabla 1. Radio de la trayectoria circular del electrón en función del potencial de aceleración para diferentes corrientes en las bobinas.

V (v)	$\boldsymbol{B_1}$=	$\boldsymbol{q/m}$ (C/Kg)	$\boldsymbol{B_2}$=	$\boldsymbol{q/m}$ (C/Kg)	$\boldsymbol{B_3}$=	$\boldsymbol{q/m}$ (C/Kg)
	$\boldsymbol{r^2}(m^2)$		$\boldsymbol{r^2}(m^2)$		$\boldsymbol{r^2}(m^2)$	
100						
120						
140						
160						
		Prom=		Prom=		Prom=

Tabla 2. Relación carga-masa

1. Registre el promedio final de la relación “*q/m*”

Promedio final $\boldsymbol{q/m}$ *(C/Kg)* =______________

2. Trace una curva de “r^2” en función del potencial “V” para cada corriente utilizada en la bobina de Helmholtz, empleando los datos de la **tabla 2**.
3. Determine la pendiente de las tres gráficas obtenidas con el numeral anterior.
4. Utilice las tres pendientes obtenidas en el numeral anterior y junto con su respectivo campo magnético (Campo magnético registrado en la **tabla 2** para cada caso $\boldsymbol{B_1}, \boldsymbol{B_2}\ y\ \boldsymbol{B_3}$) calcule el valor para “*q/m*” en (C/Kg) para cada corriente utilizada y promedie.
5. Identifique en una tabla establecida de relaciones “*q/m*” la clase de partículas que emite el filamento al calentarse. **¿Es la partícula que esperada?**
6. Compare los dos valores para la relación “*q/m*” obtenidos experimentalmente (valor obtenido con los datos de la **tabla 2** y valor obtenido con la curva de “r^2” en función del potencial “V”) con el valor para la relación “*q/m*” establecido.
7. Calcule los porcentajes de error respetivos del numeral anterior y explique las posibles fuentes de error.

Preguntas de control

1. A partir de los valores de la relación carga-masa de las partículas fundamentales estudiadas según el cuestionario planteado previo a la práctica y el promedio final calculado en el inciso 1 del análisis de datos identifique la partícula presente en el experimento.
2. Explique con sus palabras el experimento estudiado.

Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

Bibliografia

Objetivos

1. Estudiar y comprobar los principios de la inducción electromagnética descritos por la ley de inducción de Faraday y la ley de Lenz.
2. Aplicar los conceptos involucrados en la ley de Faraday y la ley de Lenz al transformador.

Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Galvanómetro de cuadro móvil con cero en el centro de la escala	1	
Bobinas cilíndricas	2	
Barras magnéticas	2	
Fuente de CC	1	
Transformador de bobinas desmontables y bobinas	1	
Auto transformador variable	1	
Multímetro de Corriente alterna	1	
Cables para conexión	Varios	
Barras de diferentes materiales	4	

Marco teórico

LEY DE INDUCCIÓN DE FARADAY

En 1831 Faraday observó experimentalmente que cuando en una bobina se establece un flujo magnético variable mediante el movimiento de un imán, como se ilustra en la **figura 1**.

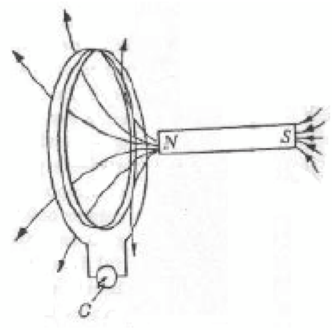


Figura 1. Circuito con flujo magnético variable.

Y se produce una desviación en el galvanómetro lo que es equivalente a producir una corriente inducida en la bobina. Este fenómeno sucede únicamente cuando el imán está en movimiento. De este y otros experimentos, Faraday estableció que se induce una fem(fuerza electromotriz) en la bobina donde está conectado el galvanómetro, y que la magnitud de la fem inducida depende de la rapidez de la variación de flujo magnético.

El flujo magnético está definido como:

$$\phi = \oiint B.\hat{\hat{n}}\, ds \qquad \textbf{(9.1)}$$

Y la fem inducida está definida como:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \qquad \textbf{(9.2)}$$

A la ecuación anterior se conoce como "Ley de la Inducción de Faraday", donde "ε" es la fem inducida, y $\frac{d\phi_B}{dt}$ es la razón del cambio del flujo magnético con respecto al tiempo.

LEY DE LENZ

En la sección anterior se analizó cómo se inducen las fem pero no se mencionó nada acerca de la dirección de esta fem, y por tanto de la corriente inducida. Fue el físico Alemán Heinrich Lenz (Dorpat, 1804 - Roma, 1865), contemporáneo de Faraday, quien en una forma sencilla, estableció el sentido de las corrientes inducidas, mediante el siguiente enunciado que se conoce con el nombre de Ley de Lenz: "La corriente que es inducida en un circuito tendrá una dirección de tal forma que se oponga a la causa que la produce"; que es una consecuencia directa del principio de la conservación de la energía.

Cuando a la espira le aproximas un polo norte de un imán como se observa en la **figura 2**, la corriente inducida circulará en un sentido tal que la cara enfrentada al polo norte del imán es también Norte, con lo que ejercerá una acción magnética repulsiva sobre el imán, repulsión que debes vencer para que se siga manteniendo el fenómeno de la inducción.

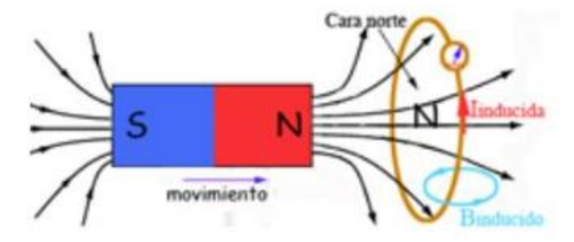


Figura 2. Campo magnético en dirección sur-norte.

A la inversa como se observa en la **figura 3**, si alejas el polo norte del imán, de la espira, la corriente inducida creará un polo Sur que se oponga a la separación de ambos.

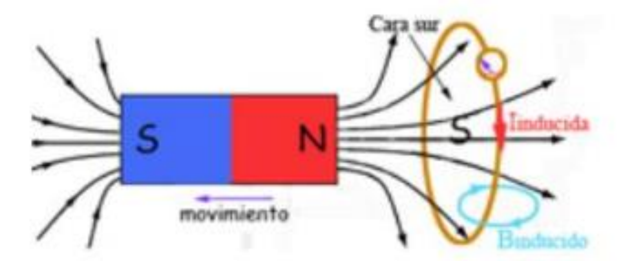


Figura 3. Campo magnético en dirección norte-sur.

FEM INDUCIDA

De acuerdo a la Ley de Faraday que se define con la ecuación **(9.1)** se pueden inducir fem cuando existe una razón de cambio del flujo magnético con respecto al tiempo, vamos a considerar un ejemplo sencillo en el cual se tiene una espira dentro de un campo magnético (el eje de la espira es paralelo a la dirección del campo para simplificar el ejemplo) si el campo magnético varía con el tiempo, entonces, se induce una fem en la espira, si movemos la espira perpendicularmente a la dirección del campo magnético, que se mantiene uniforme (con una velocidad constante), también se induce una fem.

PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE LOS MATERIALES

No todos los materiales se comportan de igual manera frente a los campos magnéticos. El comportamiento de los materiales frente a los campos magnéticos depende de la estructura interna del material. El movimiento de los electrones que forman un material hace que se induzcan pequeños campos magnéticos. En función de cómo se orienten estos pequeños campos magnéticos en presencia de un campo magnético externo los materiales presentan estas propiedades:

- **Diamagnéticos:** Esta propiedad magnética consiste en que parte de los pequeños campos magnéticos inducidos por el movimiento de rotación de los electrones del propio material, en presencia de un campo magnético externo, se orientan de forma opuesta este. Como consecuencia, un material diamagnético tiende a desplazarse a la zona donde el campo magnético externo es más débil.

- **Paramagnéticos**: Esta propiedad magnética consiste en que parte de los pequeños campos magnéticos inducidos por el movimiento de rotación de los electrones del propio material, en presencia de un campo magnético externo se alinean en la misma dirección que este. Como consecuencia, el campo magnético en el interior se hace más intenso, y el material tiende a desplazarse al lugar donde el campo magnético externo es más intenso.

- **Ferromagnéticos**: En los materiales ferromagnéticos, las fuerzas entre los átomos próximos, hace que se creen pequeñas regiones, llamadas dominios, en las que el campo magnético originado por el movimiento de rotación de los electrones está alineado en la misma dirección. En ausencia de campo magnético externo, lo dominios están orientados al azar, pero al aplicar un campo magnético externo, estos dominios se alinean en la dirección del campo aplicado, haciendo que este se intensifique en el interior del material de forma considerable. Parte de estos dominios conservan la orientación incluso una vez que el campo magnético externo desaparece, hecho que explica el fenómeno de la imanación.

Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

1. Explicar el concepto de Flujo Magnético y realizar un esquema que lo represente.
2. Explicar cómo se genera una FEM (Fuerza electromotriz) inducida a partir de un campo magnético.
3. Explicar las propiedades de Paramagnetismo, Ferromagnetismo y diamagnetismo. Dar ejemplos para cada caso.
4. Explicar el funcionamiento del transformador
    - Razón de voltajes.
    - Potencia.
    - Pérdidas.
    - Relación del transformador.
    - Partes de un transformador.
5. Explicar el principio de funcionamiento del galvanómetro.
6. Explicar el comportamiento de la señal de corriente alterna.

Procedimiento

Parte 1: Inducción electromagnética

La corriente en una bobina puede describirse a partir de la deflexión del galvanómetro como circulan en sentido horario o antihorario. Para cada uno de los experimentos tomar nota de la dirección de la corriente en las bobinas.

1. Conectar los terminales de la bobina a los terminales del galvanometro como se observa en la **figura 4**.

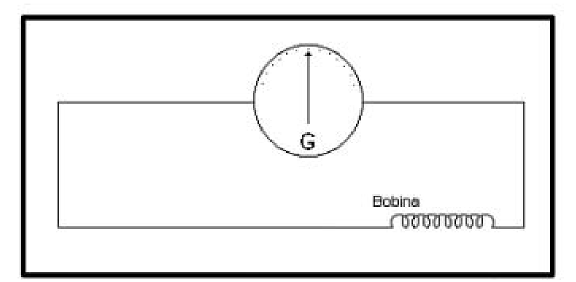


Figura 4. Montaje para generar una fem.

2. Coloque la barra magnética, con el polo norte hacia abajo, dentro de la bobina.Tomar nota de lo observado en el galvanómetro. (Completar **tabla 1**)

3. Insertar el imán con la polaridad invertida. Tomar nota de las observaciones. (Completar **tabla 1**)

4. Colocar la bobina primaria dentro de la secundaria y conectar aquella, a la fuente de corriente continua como se observa en la **figura 5**.

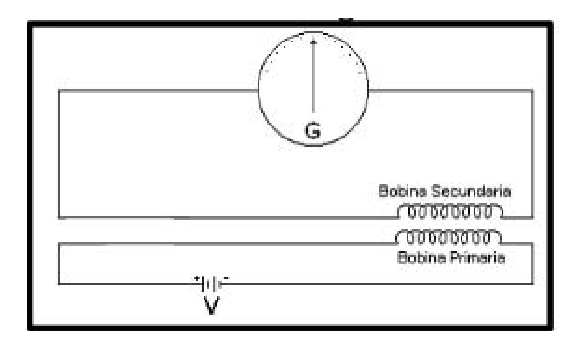


Figura 5. Montaje para generar una FEM inducida en la bobina secundaria

5. Con la polaridad de la fuente e inspeccionando los arrollamientos de las bobinas, determine la dirección de la corriente inducida en la bobina secundaria. (Tome nota de lo observado para dar solución a las preguntas de control)

6. Relacionar las deflexiones del galvanómetro; con la dirección de la corriente en la bobina secundaria. Reducir al mínimo el tiempo de conexión del circuito para evitar recalentamiento de la bobina.

7. Con la bobina secundaria introducida en la primaria, introduzca las barras de diferentes materiales alternadamente y registre lo sucedido en la **tabla 2**.

Parte 2: Transformador

8. Realizar el montaje como se observa en la **figura 6**.

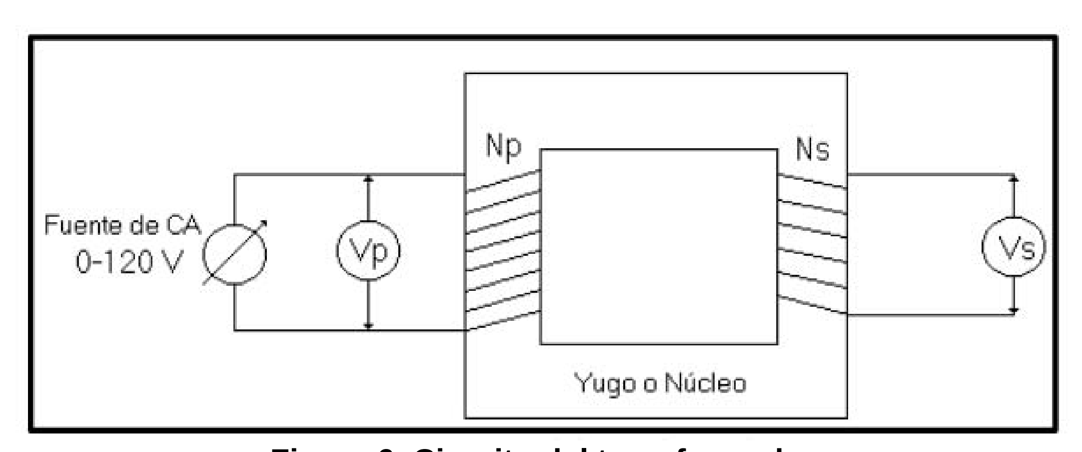


Figura 6. Circuito del transformador

9. Utilizando una bobina de 500 espiras en el primario (Np) y otra de 250 vueltas en el secundario (Ns). Variar el voltaje de entrada de 10 en 10 voltios hasta 120 V y en cada caso registre los valores correspondientes a Vs, sin sobrepasar el máximo de las escala del voltímetro y registre estos datos en la **tabla 3**.

10. Manteniendo fijo el voltaje en el primario en 120 V invierta el transformador de manera que en el primario se tengan las 250 vueltas y en el secundario las 500 vueltas.

11. Disminuya el voltaje de entrada de 10 en 10 voltios hasta 0 V y en cada caso registre los valores correspondientes a Vs y registre estos datos en la **tabla 3**.

Análisis de datos

DISPOSICIÓN DE LA BARRA MAGNÉTICA	¿QUÉ SE OBSERVÓ?	¿POR QUÉ OCURRIÓ ESTO?
POLO NORTE HACIA ABAJO		
POLO SUR HACIA ABAJO		

Tabla 1. Comportamiento del Galvanometro ante la inducción presente en la bobina al introducir barra magnética.

MATERIAL	¿QUÉ SE OBSERVÓ?	¿POR QUÉ OCURRIÓ ESTO?
COBRE		
ALUMINIO		
ACERO		
BRONCE		

Tabla 2. Comportamiento del Galvanometro al introducir barras de diferentes materiales en el circuito de bobina primaria dentro de secundaria.

1. Describir y dar la explicación física de los efectos observados en la parte 1 del procedimiento (**tabla 1** y **tabla 2**)

Primario: 500 Secundario: 250		Primario: 250 Secundario: 500	
Vp (V)	**Vs (V)**	**Vp (V)**	**Vs (V)**
0		120	
10		110	
20		100	
30		90	
40		80	
50		70	
60		60	
70		50	
80		40	
90		30	
100		20	
110		10	
120		0	

Tabla 3. Datos del transformador.

2. Con los datos de la **tabla 3** realice las gráficas del voltaje en la bobina secundaria "Vs" en función de del voltaje de la bobina primaria "Vp" para los dos casos. Interprete las gráficas obtenidas.

Preguntas de control

1. Según las propiedades de paramagnetismo, ferromagnetismo y diamagnetismo estudiadas según lo planteado en el cuestionario, ¿Cómo clasificaría los materiales mencionados en la **tabla 2**.
2. Con la polaridad de la fuente e inspeccionando los arrollamientos de las bobinas determine la dirección de la corriente inducida en la bobina secundaria. Susteste la respuesta.
3. Según los datos medidos y registrados en la **tabla 3** ¿qué relación se puede establecer entre los voltajes del primario y el secundario a partir del numero de vueltas de los dos bobinados?

Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

Bibliografia



DEPARTAMENTO DE FISICA Y GEOLOGIA

No 10

LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO

CARGA Y DESCARGA DE CONDENSADORES

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

Objetivos

1. Determinar la constante de tiempo RC, utilizando valores calculados y medidos.
2. Aprender a utiliza la carta universal para la carga y descarga de un condensador.
3. Analizar la variación de la capacitancia de un condensador de placas paralelas al variar su geometría o al introducirle un material dieléctrico.

Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Condensadores Electrolíticos	4	
Módulo de conexiones	1	
Multímetro	1	
Cronometro	1	
Fuente de Voltaje	1	
Capacitor de placas paralelas	1	
Hojas tamaño carta	5	Suministrado por el estudiante
Vidrio o acrílico (tamaño hoja carta)	1	

Marco teórico

CONDENSADORES

Un condensador es un dispositivo capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico. Está formado por dos armaduras metálicas paralelas generalmente de aluminio, separadas por un material dieléctrico.

Un condensador o también llamado capacitor se opone al cambio de voltaje, un inductor (Bobina o solenoide) se opone al cambio en la corriente, y una resistencia se opone al voltaje y a la corriente ya sea que estén cambiando o no.

CONDENSADORES ELECTROLÍTICOS



Los condensadores electrolíticos son aquellos que tienen el dieléctrico formado por papel impregnado en electrolito. Siempre tienen polaridad, y una capacidad superior a $1\mu F$ (un microfaradio)

CONSTANTE DE TIEMPO DE UN CIRCUITO

La constante de tiempo de un circuito es la cantidad de tiempo requerido para que la corriente en un circuito inductivo o el voltaje en un circuito capacitivo, alcancen aproximadamente el 63% de su valor máximo. La constante de tiempo "τ" de un circuito RC (Circuito con resistencia y capacitancia como se ilustra en la **figura 1** depende de los valores de resistencia "R" y capacitancia "C", donde:



$$\tau = RC \qquad \textbf{(10.1)}$$

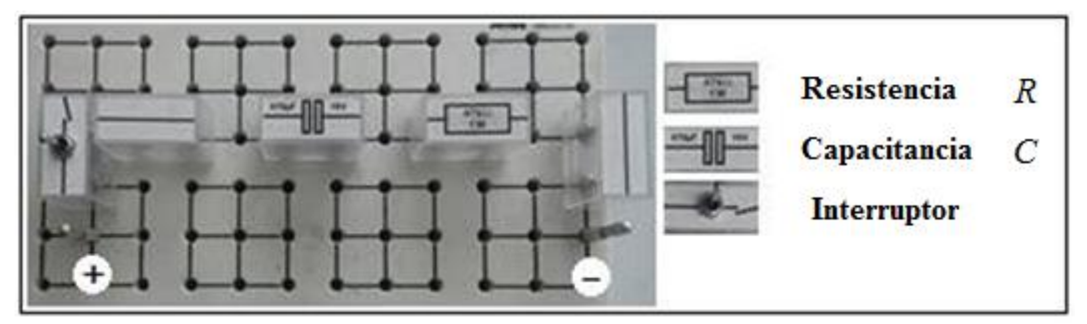


Figura 1: Circuito RC

El voltaje a través de C es el 63% del voltaje aplicado por la fuente, después de una haber transcurrido una constante de tiempo. Por ejemplo; si $R = 400K\Omega$ y $C=100\mu F$, entonces:

$$\tau = RC = (400 \times 10^3 \Omega)(100 \times 10^{-6} F) = 4s \qquad \textbf{(10.2)}$$

Después de 5 constantes de tiempo el voltaje alcanza aproximadamente el 99 % de su valor máximo. El condensador se considera cargado (o descargado) después de 5 constantes de tiempo. En este ejemplo, el tiempo requerido para que el condensador se cargue (o descargue) completamente es:

$$5\tau = 5 \times 4s = 20s \qquad \textbf{(10.3)}$$

En la **figura 2** se muestra una carta universal de tiempo. Con ayuda de esta carta, se puede determinar la cantidad de voltaje presente en un condensador.

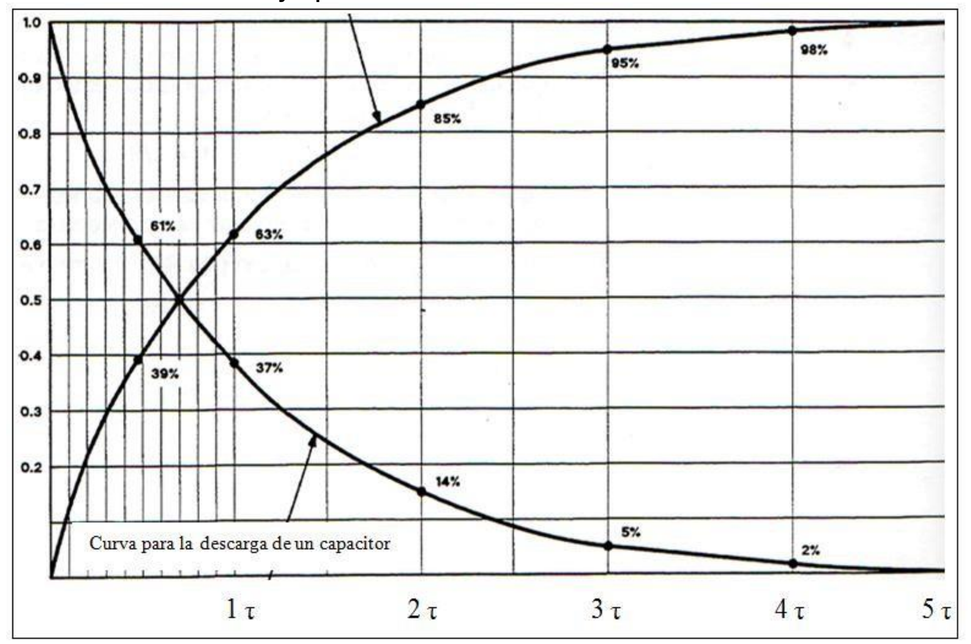


Figura 2: Carta Universal para circuitos RC.

Si se toma el ejemplo anterior, y al circuito RC se le suministra un voltaje de $10V$, se asume que el condensador ya está "completamente cargado" si al medir el voltaje entre las extremidades de este también marca $10V$. Cuando se cierra el interruptor, el condensador se "descarga" a través de la resistencia a una velocidad dictada por la constante de tiempo τ.

Supóngase que deseamos conocer el voltaje a través del capacitor V_C, después de $8s$ (2 constantes de tiempo). Observando en la carta universal de constante de tiempo, se puede ver que el voltaje a través del condensador debería ser el 14% del valor original V_A, después de 2 constantes de tiempo, luego:

$$\begin{aligned} V_C &= V_A \times 14\% \\ V_C &= (10V) \times (0.14) \\ V_C &= 1.4V \end{aligned} \qquad \textbf{(10.4)}$$

Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

2. Investigar el concepto de Condensador o capacitor.
3. Inventigar el concepto de dieléctrico.
4. Deducir matemáticamente las expresiones para el voltaje y corriente para la carga y la descarga en un capacitor (aplicar Kirchhoff al circuito RC)
5. Investigar como cambia la capacitancia con un material dieléctrico.
6. Investigar de que depende la capacitancia y las expresiones para las configuraciones mas comunes (capacitor de placas paralelas, capacitor cilíndrico, etc.)

Procedimiento

Parte 1: Carga y Descarga

1. Ensamble en el módulo de conexiones el circuito de la **figura 1**. (Pida ayuda al profesor o persona encargada del laboratorio).
2. Conecte la fuente al circuito para suministrar 10 *V*.
3. Ajuste el multímetro a la escala de voltaje directo; conéctelo a los bornes del capacitor.
4. Una vez realizados los numerales 2 y 3 oprima el interruptor. Tome el voltaje leído en el multimetro en intervalos de tiempo dados por el docente, para la carga del capacitor. Consígnelos en la **Tabla 1**.
5. Desconecte el interruptor permitiendo que el capacitor de descargue sobre la resistencia y tome los datos de la descarga del capacitor. Consígnelos en la **Tabla 1.**
6. Grafique los datos de la **Tabla 1**. De la gráfica extrapole los datos y llene la **Tabla 2.**
7. Desconecte la fuente de alimentación del circuito sin desconectar el multímetro.

Parte 2: Variación de la capacitancia con la geometría

Para estudiar la variación de la capacitancia con la geometría, utilize el capacitor de placas paralelas y varie la distancia cinco veces, determinando su capacitancia con el LCR, llene la **Tabla 3.**

Parte 3: Variación de la capacitancia con un dieléctrico.

Usando medios aislantes que ocupen todo el volumen entre las placas, estudiar la variación de la capacitancia con las características del medio aislante, dieléctrico. Como dieléctrico puede usar papel, vidrio, acrílico. El cociente de la capacidad con y sin dieléctrico, para un misma geometría de los capacitores planos (igual área y distancia entre las placas) determina el valor de la constante dieléctrica, ***K***, del medio.

Análisis de datos

Carga									Descarga								
t(s)									**t(s)**								
V(*V*)									**V(*V*)**								

Tabla 1. Carga y Descarga de un condensador

CARGA	C	R	τ	**V(63%)**	**V(86%)**	**V(95%)**	**V(98%)**	**V(100%)**
Valor teórico								
Valor Experimental								
DESCARGA	C	R	τ	**V(37%)**	**V(14%)**	**V(5%)**	**V(2%)**	**V(1%)**
Valor teórico								
Valor Experimental								

Tabla 2. Extrapolación de los datos de carga y descarga

D (cm **)**					
C(pF **)**					

Tabla 3. Variación de la capacitancia con la geometría

1. Realice la grafica de la **Tabla 1** y llene la **Tabla 2.**
2. Realice la gráfica de la **Tabla 3**, linealice y encuentre su pendiente.
3. Para todas las sustancias dieléctricas usadas en la parte 3, determine el valor de ***K***.

Preguntas de control

1. Demuestre a partir del formalismo matemático que consultó para el presente laboratorio, porque para una constante de tiempo equivale al 63% del valor máximo de fem, haga lo mismo para los otros porcentajes.
2. De la primera parte, ¿corresponden los valores extrapolados a los medidos?. Calcule el error para cada caso.

3. De la linealizacion de los datos de la Tabla 3. ¿Qué significado tiene la pendiente? Calcule el error.
4. Consulte las constantes dieléctricas para cada material usado en la parte 3 y compárelos con los obtenidos.

Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

Bibliografia



LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO

DEPARTAMENTO DE FISICA Y GEOLOGIA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

a) Jaula de Faraday b). Puesta a tierra c).Inserción del disco

$$F = q(v \times B) = -|e|(v \times B)$$

MANUAL DE ESTUDIANTE

NOMBRE:____

ÍNDICE

PRÓLOGO

Este manual ha sido desarrollado con el objetivo de encaminar al lector en el curso "Laboratorio de Electromagnetismo" que es impartido en la Universidad de Pamplona por los docentes del departamento de Física y Geología que forman parte de la facultad de ciencias básicas.

La física es una ciencia lógicamente estructurada, que al igual que otras representa un conocimiento acerca de un conjunto amplio de fenómenos fundamentados en definiciones, postulados y leyes, que enmarcados como ciencia exacta describen un conjunto de fenómenos naturales, donde la objetividad se regula bajo la verificación experimental.

El laboratorio de electromagnetismo complementa el conocimiento adquirido en el curso teórico "electromagnetismo", brindando la posibilidad de realizar experimentos de diversos fenómenos eléctricos y magnéticos, con la ayuda de este manual y la información y tutoría que sea impartida por el docente del curso. Los experimentos o prácticas se llevaran a cabo en forma rotativa por grupos de 3 a 4 estudiantes según crea conveniente el docente.

El laboratorio de electromagnetismo está equipado con todos los equipos y dispositivos necesarios para la realización de las prácticas, entre los que se incluyen fuentes de alimentación de directa y alterna, elementos de medición (voltaje, resistencia, capacitancia, corriente), galvanómetro, productores de carga, transformadores, cronómetros, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Flor Alba Vivas, Ramón Oswaldo Portilla, Alvaro Herrera Carrillo y Rómulo Sandoval Flórez por una corrección inicial de las guías de laboratorio de Eletromagnetismo. Se agradece al MsC Oscar Javier Suárez Sierra y al Ing. Diego J. Barrera por una estructuración de las guias en 2015 y finalmente se agradece al Físico Juan Alberto Sánchez D y al Ing. Diego J. Barrera por una actualización y re-estructuración de las guias de laboratorio en 2016.

MAGNITUDES Y UNIDADES

La descripción por el lenguaje natural del mundo observado a nuestro alrededor hace uso de calificativos opuestos: grande-pequeño, muchos-pocos, ancho-estrecho, duro-suave, grave-agudo, liviano pesado, claro-oscuro, rápido-lento, efímero-durable, etc., para denotar diferentes propiedades y comportamientos de los objetos. Sin embargo, estas descripciones cualitativas son relativas e imprecisas cuando se trasladan al ámbito científico o técnico, pues un objeto puede ser grande comparado con un segundo y al mismo tiempo ser más pequeño comparado que un tercero. Por tanto, es conveniente tomar un objeto o sistema que, con respecto a esa propiedad, nos sirva de referencia. La propiedad comparable de este objeto constituye un patrón. La elaboración de una escala comparativa basada en un patrón determinado nos permite establecer cuantitativamente la propiedad correspondiente en otros objetos.

El proceso de comparación con algún patrón es la esencia de la medida, y el uso de escalas basadas en los patrones facilita el proceso de medida. Los objetos que portan escalas comparativas son denominados instrumentos de medida. Cualquier propiedad susceptible de ser medida es llamada magnitud física.

Ejemplos de patrones de tiempo pueden ser el intervalo que existe entre dos amaneceres (día), o entre dos lunas llenas (mes), entre dos primaveras (año), etc; patrones de longitud pueden ser el tamaño de la última falange del pulgar (pulgada), la máxima extensión entre los dedos de una mano (cuarta), la máxima extensión entre las manos (brazada), etc. Los patrones en sí mismos y sus múltiplos y submúltiplos constituyen unidades de medida.

En el sistema métrico décimal los múltiplos y submúltiplos usuales corresponden a potencias enteras de 10. Los nombres correspondientes a estos múltiplos y submúltiplos están relacionados con prefijos que se le añaden a la unidad. Estos prefijos están dados a continuación:

yotta	**[Y]**	1 000 000 000 000 000 000 000 000	**= 1 x 10^{24}**
zetta	**[Z]**	1 000 000 000 000 000 000 000	**= 1 x 10^{21}**
exa	**[E]**	1 000 000 000 000 000 000	**= 1 x 10^{18}**
peta	**[P]**	1 000 000 000 000 000	**= 1 x 10^{15}**
tera	**[T]**	1 000 000 000 000	**= 1 x 10^{12}**
giga	**[G]**	1 000 000 000	**= 1 x 10^{9}**
mega	**[M]**	1 000 000	**= 1 x 10^{6}**
kilo	**[k]**	1 000	**= 1 x 10^{3}**
hecto	**[h]**	100	**= 1 x 10^{2}**
deca	**[da]**	10	**= 1 x 10^{1}**
		1	
deci	**[d]**	0.1	**= 1 x 10^{-1}**
centi	**[c]**	0.01	**= 1 x 10^{-2}**
mili	**[m]**	0.001	**= 1 x 10^{-3}**
micro	**[μ]**	0.000 001	**= 1 x 10^{-6}**
nano	**[n]**	0.000 000 001	**= 1 x 10^{-9}**
pico	**[p]**	0.000 000 000 001	**= 1 x 10^{-12}**
femto	**[f]**	0.000 000 000 000 001	**= 1 x 10^{-15}**
atto	**[a]**	0.000 000 000 000 000 001	**= 1 x 10^{-18}**
zepto	**[z]**	0.000 000 000 000 000 000 001	**= 1 x 10^{-21}**
yocto	**[y]**	0.000 000 000 000 000 000 000 001	**= 1 x 10^{-24}**

Es usual asociar a cada magnitud física una dimensión. Por ejemplo, la altura de una persona tiene dimensión de longitud y su peso dimensión de fuerza. El producto o división de dimensiones constituyen nuevas dimensiones, sin embargo, de ninguna manera esta definida la suma de cantidades con dimensiones diferentes. Es un buen hábito, por tanto, probar la consistencia dimensional de las expresiones matemáticas, esto es, que todos los sumandos de una expresión tengan la misma dimensión. En dinámica existen básicamente tres dimensiones fundamentales: longitud (L), tiempo (T) y masa (M), todas las otras dimensiones se pueden reducir a productos de las potencias de estas. En el sistema internacional de medidas (SI) las unidades asociadas a esas magnitudes fundamentales son respectivamente el metro, el segundo y el kilogramo.

Magnitudes físicas usadas en Electromagnetismo.

Magnitud física	**Símbolo**	**Unidad *SI***
carga eléctrica	Q	C
densidad de carga	ρ	C m^{-3}
corriente eléctrica	I, i	A
densidad de corriente eléctrica	j	A m^{-2}
potencial eléctrico	V	V
diferencia de potencial, voltaje	ΔV	V
campo eléctrico	$\mathbf{E}$	V m^{-1}
capacidad	C	F
permitividad eléctrica	ε	F m^{-1}
permitividad relativa	ε_r	1
momento dipolar eléctrico	$\mathbf{p}$	C m
flujo magnético	Φ	Wb
campo magnético	$\mathbf{B}$	T
permeabilidad	μ	H m^{-1}, N A^{-2}
permeabilidad relativa	μ_r	1
resistencia	R	Ω
resistividad	ρ	Ω m
autoinducción	L	H
inducción mutua	M	H
constante de tiempo	τ	s